Пьеръ Дюгемъ.

Физическая теорія.

ЕЯ ЦѢЛЬ И СТРОЕНІЕ.

Переводъ съ французскаго **Г. А. Котляра.**

Съ предисловіемъ **Эрнста Маха** къ нѣмецкому изданію.



Книгоизд-ство „Образованіе" Спб.

1910.

Предисловіе къ нѣмецкому изданію.

Авторъ настоящей книги, Пьеръ Дюгемъ, профессоръ теоретической физики при университетѣ въ Бордо, извѣстенъ своими работами во всѣхъ областяхъ теоретической физики и химіи, своими изслѣдованіями по древней исторіи физики и въ особенности своими работами о Леонардо-да-Винчи и его отношеніяхъ къ предшествующимъ и послѣдующимъ ученымъ. Слава его такъ велика, что сочиненія его, казалось бы, въ особой рекомендаціи не нуждаются.

Тѣмъ не менѣе, когда д-ръ Фридрихъ Адлеръ приступилъ къ переводу книги Дюгема «La theorie phisique, son objet et sa structure», я охотно согласился на предложеніе издателя снабдить переводъ моимъ предисловіемъ, чтобы отрекомендовать автора читающей публикѣ въ Германіи. Сдѣлалъ я это потому, что въ этой книгѣ мы имѣемъ своеобразную философскую работу или, точнѣе, работу по теоріи познанія, въ вопросахъ которой авторъ—въ виду всей его многосторонней предшествующей научной работы—вполнѣ компетентенъ.

Авторъ показываетъ намъ, какъ физическая теорія изъ мнимаго объясненія на основѣ вульгарной или болѣе или менѣе научной метафизики постепенно превращается въ покоющуюся на немногихъ принципахъ систему математическихъ положеній, экономически описывающихъ и классифицирующихъ данныя опыта. И дѣлаетъ онъ это не сухо и абстрактно, а постоянно освѣщая свое изложеніе живыми фактами изъ исторіи нашей науки. При этомъ образъ, служащій для объясненія, многократно мѣняется, пока онъ, наконецъ, не отпадаетъ совершенно, между тѣмъ какъ описывающая часть входитъ въ новую болѣе совершенную теорію почти въ неизмѣненномъ видѣ. Противопоставленіе Декарта и Лапласа съ одной стороны и Паскаля и Ампера—съ другой рисуетъ намъ послѣднихъ на болѣе высокомъ уровнѣ философскаго пониманія. Естественно, что индивидуальность изслѣдователей имѣетъ значительное вліяніе на историческое развитіе науки. Этотъ фактъ иллюстрируется интересными разсужденіями на тему о противоположности между умами широкими и глубокими, о моделяхъ и логически построенныхъ теоріяхъ, объ англійской школѣ съ одной стороны и французской и нѣмецкой—съ другой. Модель, какъ и образъ, Дюгемъ

разсматриваетъ, какъ паразитическое растеніе. Что Дюгемъ здѣсь заходитъ, повидимому, слишкомъ далеко и въ чемъ именно онъ слишкомъ далеко заходитъ, я изложилъ въ другомъ мѣстѣ *).

За первой, общей частью слѣдуетъ вторая часть книги, въ которой подробно разбирается особое строеніе физической теоріи. Здѣсь разбираются понятія количества, качества, числа, величины и интенсивности. Стремленіе Галилея и Декарта изгнать качества изъ математической физики здѣсь снова выясняется и живо иллюстрируется на историческихъ примѣрахъ. Число первичныхъ качествъ не можетъ быть увеличено по произволу, ибо иначе всякая наука станетъ иллюзорной. Но оно не можетъ быть и ограничено по произволу, а всѣ первичныя качества должны разсматриваться, какъ нѣчто, которое покуда, въ настоящее время ни къ чему иному сведено быть не можетъ. Въ электродинамическомъ вращеніи Фарадея Амперъ съ перваго взгляда распознаетъ нѣчто такое, что не можетъ быть сведено къ электростатическимъ силамъ и открываетъ въ немъ новое первичное качество. Важно здѣсь настойчивое указаніе на тѣсную неразрывную связь между экспериментомъ и теоріей. Положенія теоріи должны быть логически правильны, свободны отъ внутреннихъ противорѣчій и во всей своей совокупности находиться въ полномъ согласіи съ экспериментомъ. Въ виду ограниченной точности наблюденія, изъ-за которой одной теоретической величинѣ можетъ соотвѣтствовать множество экспериментальныхъ величинъ, каждый теоретическій законъ сохраняетъ свою силу лишь на время. Поучительно указаніе на примѣры математическихъ теорій, которыя экспериментально вообще не поддаются провѣркѣ. Авторъ приходитъ къ тому выводу, что преподаваніе не можетъ быть ни чисто дедуктивнымъ, ни чисто индуктивнымъ. Лучшее изложеніе есть изложеніе историческое, примыкающее къ ходу развитія самой науки, основныя допущенія (гипотезы) которой не были выдуманы или выбраны произвольно, а, развиваясь постепенно, оказывались навязанными научнымъ изслѣдователямъ.

Пожелаемъ книгѣ успѣха, какого она заслуживаетъ, пусть внесетъ она свѣтъ и знаніе въ умы читателей.

Вѣна, ноябрь, 1907 г. Dr Ernst Mach

*) См. Механика. Переводъ Г. Котляра, добавл. 2, стр. 429. Прим. пер.

Предисловіе автора.

Задача настоящей книги дать простой логическій анализъ метода, на основѣ котораго развивается наука физики. Возможно, что найдутся читатели, которые захотятъ распространить изложенные здѣсь взгляды и на другія науки, кромѣ физики. Можетъ быть, они пожелаютъ даже сдѣлать тѣ или другіе выводы, относящіеся къ спеціальной области логики. Но мы тщательно остерегались того или другого обобщенія. Мы поставили тѣсныя границы нашимъ изслѣдованіямъ, чтобы имѣть возможность эту ограниченную нами область подвергнуть изслѣдованію возможно болѣе полному.

Прежде чѣмъ воспользоваться какимъ-нибудь инструментомъ для изслѣдованія того или другого явленія, добросовѣстный экспериментаторъ разбираетъ его, изслѣдуетъ каждую его часть, изучаетъ его функцію и подвергаетъ его различнымъ испытаніямъ. Послѣ этого онъ точно знаетъ, что значатъ его показанія, каковы предѣлы точности ихъ, и онъ можетъ пользоваться имъ съ увѣренностью.

Вотъ такимъ же образомъ мы анализировали физическую теорію. Прежде всего мы попытались установить съ точностью ц ѣ л ь ея. Познакомившись съ этой цѣлью, мы разсмотрѣли ея с т р о е н і е. Мы изучили одинъ за другимъ механизмъ каждой изъ операцій, которыми она строится, и показали, какимъ образомъ каждая изъ нихъ содѣйствуетъ достиженію цѣли теоріи.

Мы старались каждое изъ нашихъ утвержденій иллюстрировать примѣрами, избѣгая прежде всего разсужденій, не касающихся непосредственно дѣйствительности.

Къ тому же изложенное въ настояшей книгѣ ученіе вовсе не есть какая-нибудь логическая система, плодъ однихъ размышленій, основанныхъ на какихъ нибудь общихъ идеяхъ; оно не основано на размышленіяхъ, враждебныхъ отдѣльнымъ конкретнымъ фак-

тамъ дѣйствительности. Повседневная практика науки—вотъ источникъ, которому она обязана своимъ происхожденіемъ, вотъ откуда она развилась.

Нѣтъ почти ни одной главы теоретической физики, которой мы не изучали бы детально. Нѣтъ почти ни одной, на развитіе которой мы не тратили бы свои силы многократно. Изложенныя въ настоящей книгѣ идеи о цѣли и строеніи физической теоріи представляютъ собою плодъ этой 20-ти лѣтней работы и въ этой долголѣтней работѣ мы успѣли убѣдиться въ правильности и плодотворности нашихъ идей.

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ.

ЦѢЛЬ ФИЗИЧЕСКОЙ ТЕОРІИ.

ГЛАВА ПЕРВАЯ.

Физическая теорія и метафизическое объясненіе.

---

§ 1.—Физическая теорія, какъ объясненіе.

Первый вопросъ, съ которымъ мы здѣсь сталкиваемся, гласитъ: какова цѣль всякой физической теоріи? Существуютъ на этотъ вопросъ различные отвѣты. Если классифицировать ихъ, то они всѣ могутъ быть сгруппированы въ двѣ главныя группы:

Всякая физическая теорія, отвѣчаютъ извѣстные логики, имѣетъ цѣлью **объясненіе** извѣстной группы законовъ, обоснованныхъ экспериментально.

Всякая физическая теорія, говорятъ другіе мыслители, есть абстрактная система, имѣющая цѣлью **резюмировать** и **логически классифицировать** группу экспериментальныхъ законовъ, не претендуя на объясненіе ихъ.

Разсмотримъ послѣдовательно каждый изъ этихъ двухъ отвѣтовъ и посмотримъ, какіе доводы, приводимые въ пользу каждаго изъ нихъ, мы можемъ принять и какіе мы должны отвергнуть. Начнемъ съ перваго отвѣта, съ того, въ которомъ физическая теорія разсматривается, какъ объясненіе.

Но прежде всего, что такое объясненіе? Объяснять (explicare) значитъ обнажать реальность отъ ея явленій, что обволакиваютъ ее какимъ то флеромъ, чтобы видѣть эту реальность обнаженной и лицомъ къ лицу.

Наблюденіе физическихъ явленій приводитъ насъ въ соприкосновеніе не съ реальностью, которая скрывается подъ чувственными ея проявленіями, а только съ этими явленіями, взятыми въ формѣ частной и конкретной. Экспериментальные законы не имѣютъ своимъ предметомъ матеріальную реальность; они трактуютъ объ этихъ же чувственныхъ проявленіяхъ, взятыхъ, правда, въ формѣ абстрактной и общей. Обнажая, сдирая покровъ съ этихъ чувственныхъ явленій, теорія ищетъ въ нихъ и подъ ними то, что есть въ нихъ реальнаго.

Допустимъ, что раздались звуки на струнныхъ и духовыхъ инструментахъ. Мы внимательно вслушивались, слышали, какъ они

усиливались или ослабѣвали, становились громче или тише, измѣнялись на тысячу ладовъ, вызывая въ насъ слуховыя ощущенія, музыкальныя эмоціи: вотъ факты акустическіе.

Эти ощущенія—вещи частныя и конкретныя. Но нашъ интеллектъ, слѣдуя законамъ, регулирующимъ его функцію, подвергъ ихъ извѣстной переработкѣ, въ результатѣ чего мы обладаемъ понятіями общими и абстрактными: интенсивности звуковъ, высоты ихъ, октавы, мажорнаго или минорнаго аккорда, тембра и т. д. Экспериментальные законы акустики устанавливаютъ опредѣленныя связи между этими и другими понятіями, равно абстрактными и общими. Законъ, напримѣръ, устанавливаетъ, какое существуетъ отношеніе между длинами двухъ струнъ изъ одного и того же металла, дающихъ два звука одной и той же высоты или два звука, изъ которыхъ одинъ составляетъ октаву другого.

Но эти абстрактныя понятія—интенсивность звука, высота, тембръ его—представляютъ только для нашего ума общіе признаки нашихъ слуховыхъ воспріятій. Они знакомятъ его со звукомъ такимъ, какимъ онъ является по отношенію къ намъ, но не такимъ, какой онъ есть самъ по себѣ, въ звучащихъ тѣлахъ. Задача акустическихъ теорій познакомить насъ съ дѣйствительностью, по отношенію къ которой наши ощущенія являются только чѣмъ то внѣшнимъ, наружнымъ, скрывающимъ ее отъ насъ. Онѣ учатъ насъ, что тамъ, гдѣ наши воспріятія улавливаютъ только это проявленіе, которое мы называемъ звукомъ, въ дѣйствительности имѣется нѣкоторое колебательное движеніе, весьма малое и весьма быстрое; что интенсивность и высота представляютъ собою не что иное, какъ только внѣшнее проявленіе амплитуды и числа колебаній этого движенія; что тембръ есть доступное воспріятію проявленіе реальной структуры этого движенія, сложное ощущеніе, являющееся результатомъ различныхъ колебательныхъ движеній, на которыя можно разложить это движеніе. Ясно, что теоріи акустическія суть объясненія.

Объясненіе, которое акустическія теоріи даютъ экспериментальнымъ законамъ, регулирующимъ звуковыя явленія, болѣе или менѣе достовѣрно: въ большомъ числѣ случаевъ мы можемъ видѣть своими глазами, осязать своими руками тѣ движенія, которымъ онѣ приписываютъ эти явленія.

Въ большинствѣ случаевъ физическая теорія не достигаетъ этой степени совершенства. Она не можетъ остановиться на какомъ нибудь достовѣрномъ объясненіи чувственныхъ явленій.

Объявляя о дѣйствительности, которая скрывается позади этихъ явленій, она не можетъ сдѣлать ее доступной нашимъ чувствамъ. Она удовлетворяется тогда доказательствомъ того, что всѣ наши воспріятія образуются такъ, какъ будто бы дѣйствительность была такой, какой она ее объявляетъ. Такая теорія представляетъ собой объясненіе гипотетическое.

Возьмемъ, напримѣръ, совокупность явленій, наблюдаемыхъ при посредствѣ чувства зрѣнія. Научный анализъ этихъ явленій заставляетъ насъ составить себѣ извѣстныя понятія, абстрактныя и общія, характеризующія признаки, которые мы находимъ во всякомъ свѣтовомъ воспріятіи: цвѣтъ, простой или сложный, яркость и т. д. Экспериментальные законы оптики знакомятъ насъ съ тѣми отношеніями, которыя существуютъ между этими абстрактными и общими понятіями и другими аналогичными понятіями. Одинъ законъ, напримѣръ, устанавливаетъ отношеніе, существующее между интенсивностью желтаго свѣта, отраженнаго тонкой пластинкой, и толщиной этой пластинки, какъ и угломъ паденія лучей, которые ее освѣщаютъ.

Этимъ законамъ, установленнымъ на опытѣ, волнообразная теорія свѣта даетъ гипотетическое объясненіе. Она предполагаетъ, что всѣ тѣла, которыя мы видимъ, чувствуемъ, которыя имѣютъ вѣсъ, находятся въ средѣ, недоступной нашимъ чувствамъ и невѣсомой, которую она называетъ эфиромъ. Этому эфиру она приписываетъ извѣстныя механическія свойства. Она принимаетъ, что всякій простой свѣтъ есть поперечное колебательное движеніе, весьма малое и быстрое, этого эфира. Число колебательныхъ движеній въ секунду, какъ и размахъ ихъ, характеризуютъ цвѣтъ этого свѣта и его яркость. И хотя мы не можемъ съ ея помощью воспринять эфира, ни даже видѣть воочію это колебательное движеніе, она тѣмъ не менѣе доказываетъ, что постулаты ея влекутъ за собою послѣдствія, вполнѣ совпадающія съ законами, которые устанавливаетъ намъ экспериментальная оптика.

§ II.—Согласно изложенному мнѣнію, теоретическая физика подчинена метафизикѣ.

Если физическая теорія есть объясненіе, то она не достигла своей цѣли, пока она не исключила совершенно чувственное явленіе, чтобы достичь физической реальности. Такъ, напримѣръ, изслѣдованія Ньютона явленій свѣторазсѣянія научили насъ разлагать

ощущеніе, которое вызываетъ въ насъ свѣтъ того рода, какимъ его испускаетъ солнце. Они научили насъ, что этотъ свѣтъ сложенъ что онъ состоитъ изъ извѣстнаго числа болѣе простыхъ видовъ свѣта, опредѣленнаго и неизмѣннаго цвѣта. Но этотъ свѣтъ простой или монохроматическій есть абстрактное и общее представленіе извѣстнаго ощущенія; это еще—чувственное явленіе. Мы разложили явленіе болѣе сложное на другія явленія, болѣе простыя, но мы не достигли реальности, мы не дали объясненія цвѣтовымъ эффектамъ, мы не конструировали оптической теоріи.

Такимъ образомъ для того, чтобы судить, образуетъ ли группа положеній физическую теорію или нѣтъ, мы должны разсмотрѣть, какую роль играютъ понятія, которыя эти положеніи связываютъ воедино: если они въ формѣ абстрактной и общей выражаютъ элементы, изъ которыхъ состоятъ въ дѣйствительности вещи матеріальнаго міра, то это будетъ физическая теорія; если же они выражаютъ только общіе признаки нашихъ воспріятій, то это не физическая теорія.

Чтобы такая провѣрка имѣла смыслъ, чтобы можно было предпринять ее, необходимо прежде всего согласиться съ слѣдующимъ утвержденіемъ: среди чувственныхъ явленій, которыя даны намъ въ нашихъ воспріятіяхъ, есть нѣкоторая реальность, которая отъ этихъ явленій отличается.

Разъ вы согласились съ этимъ положеніемъ—а только согласившись съ нимъ, вы вообще можете думать о физическомъ объясненіи—то для того, чтобы распознать, что вы дѣйствительно достигли подобнаго объясненія, вы должны предварительно рѣшить другой еще вопросъ, а именно: какова природа тѣхъ элементовъ, изъ которыхъ состоитъ матеріальная реальность?

Но тутъ могутъ возникнуть слѣдующіе два вопроса:

Существуетъ ли вообще матеріальная реальность, отличная отъ чувственныхъ явленій?

Какова природа этой реальности?

Эти два вопроса не могутъ быть рѣшены методомъ экспериментальнымъ: этотъ методъ знаетъ только чувственныя явленія и ничего открыть не можетъ, что выходитъ за предѣлы ихъ. Рѣшеніе этихъ вопросовъ выходитъ за предѣлы методовъ, основанныхъ на наблюденіи,—методовъ, которыми пользуется физика; это уже дѣло метафизики.

Такимъ образомъ, *если физическія теоріи имѣютъ предметомъ своимъ объясненіе экспериментал*ь-

ныхъ законовъ, то теоретическая физика не есть наука автономная, а она подчинена метафизикѣ.

§ III.—Если изложенное мнѣніе вѣрно, то цѣнность физической теоріи зависитъ отъ метафизической системы, которую человѣкъ признаетъ.

Положенія, образующія въ своей совокупности науки чисто математическія, въ наибольшей степени представляютъ собой истины, встрѣчающія общее признаніе; точность выраженія, строгая послѣдовательность доказательствъ не оставляютъ мѣста ни малѣйшему разногласію, ни малѣйшему различію между точками зрѣнія различныхъ математиковъ. На протяженіи вѣковъ ученія эти развиваются непрерывно и ни одинъ дальнѣйшій шагъ впередъ не колеблетъ пріобрѣтеній, сдѣланныхъ когда-либо раньше.

Нѣтъ ни одного мыслителя, который не пожелалъ бы столь же регулярнаго и мирнаго развитія и той наукѣ, которой онъ посвятилъ свои силы. Но если есть наука, по отношенію къ которой это желаніе представлялось бы наиболѣе основательнымъ, то это теоретическая физика: вѣдь, среди всѣхъ научныхъ областей она всего меньше, безъ сомнѣнія, отличается отъ алгебры и геометріи.

Но ставить физическія теоріи въ зависимость отъ метафизики врядъ ли представляется пригоднымъ средствомъ для того, чтобы обезпечить за ними всеобщее признаніе. Въ самомъ дѣлѣ, какъ бы благосклонно тотъ или другой философъ ни смотрѣлъ на цѣнность методовъ, служащихъ для рѣшенія проблемъ метафизическихъ, онъ не сможетъ отрицать слѣдующаго факта: обозрѣвая области, въ которыхъ проявляется и работаетъ духъ человѣческій, вы ни въ одной изъ нихъ не найдете той ожесточенной борьбы между системами различныхъ эпохъ или системами одной и той же эпохи, но различныхъ школъ, того стремленія возможно глубже и рѣзче отграничиться другъ отъ друга, противопоставить себя другимъ, какія существуютъ въ области метафизики.

Если бы физика должна была быть подчинена метафизикѣ, то и споры, существующіе между различными метафизическими системами, должны были бы быть перенесены и въ область физики. Физическая теорія, удостоившаяся одобренія всѣхъ послѣдователей одной метафизической школы, была бы отвергнута послѣдователями другой школы.

Разсмотримъ, напримѣръ, дѣйствія, которыя оказываетъ магнитъ на желѣзо, и допустимъ на моментъ, что мы перипатетики.

Чему насъ учить метафизика Аристотеля относительно дѣйствительной природы тѣлъ? Всякая субстанція и въ частности всякая матеріальная субстанція есть плодъ соединенія двухъ элементовъ, одного постояннаго—матеріи, и другого перемѣннаго—формы. На основаніи постоянства его матеріи кусокъ желѣза, который я разсматриваю, остается всегда, при всѣхъ условіяхъ тѣмъ же кускомъ желѣза. На основаніи же измѣненій, которымъ подвергается его форма, свойства этого куска желѣза могутъ измѣняться въ зависимости отъ обстоятельствъ: онъ можетъ быть твердымъ или жидкимъ, теплымъ или холоднымъ, образовывать ту или другую фигуру.

Помѣщенный близъ магнита, этотъ кусокъ желѣза получаетъ извѣстное измѣненіе въ своей формѣ, тѣмъ болѣе сильное, чѣмъ ближе магнитъ. Это измѣненіе связано съ появленіемъ двухъ полюсовъ; для куска желѣза оно есть принципъ движенія. Сущность этого принципа заключается въ томъ, что каждый полюсъ стремится приблизиться къ разноименному полюсу магнита и удалиться отъ одноименнаго съ нимъ полюса его.

Такова для философа-перипатетика реальность, которая скрывается подъ магнитными явленіями. Если бы анализъ всѣхъ этихъ явленій былъ доведенъ до свойствъ магнитнаго качества и двухъ его полюсовъ, то съ точки зрѣнія такого философа объясненіе было бы полное, и онъ могъ бы сформулировать вполнѣ удовлетворительную теорію. Такую теорію построилъ въ дѣйствительности въ 1629 году Николай Кабео [1]) въ своей замѣчательной магнитной философіи.

Перипатетикъ могъ объявить себя удовлетвореннымъ теоріей магнитизма, построенной Кабео. Другое дѣло—философъ Ньютоновой школы, вѣрный космологіи Босковича: онъ не удовлетворился бы ею.

Согласно философіи природы, которую построилъ Босковичъ [2])

[1]) Philosophia magnetica, in qua magnetis natura penitus explicatur et omnium quae hoc lapide cernuntur causae propriae afferuntur, multa quoque dicuntur de electricis et aliis attractionibus, et eorum causis; auctore Nicolao Cabeo, Ferrariensi, Societ. Jesu; Coloniae, apud Joannem Kinckium anno MDCXXIX.

[2]) Theoria philosophiae naturalis redacta ad unicam legem virium in natura existentium, auctore P. Rogerio Josepho Boscovich, Societatis Jesu, Viennae, MDCCLVIII.

на основаніи принциповъ Ньютона и его учениковъ, объяснять дѣйствія магнита на желѣзо магнитнымъ измѣненіемъ субстанціальной формы желѣза значитъ ничего не объяснять; это значитъ скрыть наше незнаніе дѣйствительности подъ словами, которыя тѣмъ громче звучатъ, чѣмъ болѣе они пусты.

Матеріальная субстанція не состоитъ изъ матеріи и формы, а она состоитъ изъ безчисленнаго множества точекъ, лишенныхъ протяженія и формы, но одаренныхъ массой. Между двумя любыми изъ этихъ точекъ существуетъ взаимное притяженіе или отталкиваніе, пропорціональное приизведенію изъ массъ обѣихъ точекъ и составляющее извѣстную функцію отъ разстоянія между ними. Среди этихъ точекъ есть такія, которыя образуютъ тѣла въ собственномъ смыслѣ. Между этими послѣдними точками существуетъ взаимное дѣйствіе; какъ только разстояніе между ними переходитъ извѣстный предѣлъ, дѣйствіе это сводится къ общему явленію тяготѣнія, изученному Ньютономъ. Другія же точки ихъ, которымъ это дѣйствіе тяготѣнія не присуще, образуютъ невѣсомыя жидкости, какъ электрическія жидкости, или жидкость тепловая: Соотвѣтственныя же допущенія относительно массъ всѣхъ этихъ матеріальныхъ точекъ, относительно распредѣленія ихъ, относительно характера функцій разстоянія, отъ которыхъ ихъ взаимныя дѣйствія зависятъ, должны дать представленіе обо всѣхъ физическихъ явленіяхъ.

Такъ, напримѣръ, чтобы объяснить магнитныя дѣйствія, представляютъ себѣ, что каждая молекула желѣза носитъ въ себѣ равныя массы южной магнитной и сѣверной магнитной жидкости; что распредѣленіе этихъ жидкостей въ этой молекулѣ опредѣляется законами механики; что двѣ магнитныя массы оказываютъ другъ на друга дѣйствіе, прямо пропорціональное произведенію изъ этихъ массъ и обратно пропорціональное квадрату разстоянія между ними; наконецъ, что это дѣйствіе бываетъ отталкивающимъ, когда обѣ массы одного рода, и притягивающимъ, когда онѣ разнаго рода. Такова сущность теоріи магнитизма, основы которой были заложены Франклиномъ, Эпинусомъ, Т. Майеромъ и Кулономъ и которая нашла свое наиболѣе полное развитіе въ классическихъ работахъ Пуассона.

Даетъ ли эта теорія объясненіе магнитнымъ явленіямъ, которое могло бы удовлетворить атомиста? Безъ сомнѣнія, нѣтъ. Она допускаетъ дѣйствія притяженія и отталкиванія между удаленными другъ отъ друга частичками магнитной жидкости, а вѣдь, для

атомиста такого рода дѣйствія притяженія и отталкиванія суть лишь явленія и они не могутъ разсматриваться, какъ реальности.

Согласно атомистическимъ теоріямъ, матерія состоитъ изъ очень малыхъ тѣлецъ твердыхъ и различной формы, во множествѣ разсѣянныхъ въ пространствѣ. Отдѣленныя другъ отъ друга, такія два тѣльца никакъ не могутъ вліять другъ на друга. Только когда они приходятъ въ соприкосновеніе другъ съ другомъ, когда они, непроницаемыя другъ для друга, сталкиваются, движенія ихъ видоизмѣняются и при томъ согласно твердо установленнымъ законамъ. Величины, формы и масса атомовъ и правила, согласно которымъ происходятъ эти толчки,—вотъ что должно дать единственное удовлетворительное объясненіе физическимъ законамъ.

Чтобы дать мыслимое объясненіе различнымъ движеніямъ, которыя испытываетъ кусокъ желѣза въ присутствіи магнита, приходится представлять себѣ, что потоки магнитныхъ частичекъ, хотя и сгущенные, но невидимые и неосязаемые, отходятъ отъ магнита или стекаются къ нему. Въ своемъ быстромъ потокѣ они различнымъ образомъ сталкиваются съ молекулами желѣза и именно эти удары вызываютъ тѣ давленія, которыя поверхностная философія приписала магнитнымъ притяженіямъ и отталкиваніямъ. Таковъ принципъ теоріи намагничиванія, которая въ общихъ чертахъ была наброшена еще Лукреціемъ, нашла дальнѣйшее свое развитіе у Гассенди въ XVII вѣкѣ и съ того времени часто находила сторонниковъ и защитниковъ.

Не найдутся ли мыслители, которыхъ трудно удовлетворить и которые, поэтому, упрекнутъ эту теорію въ томъ, что она не объясняетъ ничего и принимаетъ явленія за реальности? Таковыми именно и являются картезіанцы.

Согласно Декарту, матерія по сущности своей тождественна съ протяженіемъ по длинѣ, ширинѣ и глубинѣ, что составляетъ предметъ изученія геометровъ. Ничего другого изученію не подлежитъ, кромѣ различныхъ фигуръ и различныхъ движеній. Матерія картезіанская есть нѣчто вродѣ огромной жидкости, если угодно, не сжимаемой и абсолютно однородной. Атомы, твердые и недѣлимые, пустое пространство, которое ихъ раздѣляетъ—все это лишь одни явленія, однѣ иллюзіи. Нѣкоторыя части этой общей жидкости могутъ быть захвачены въ длительныя вихревыя движенія, въ мало проницательныхъ глазахъ атомиста эти вихри могутъ показаться недѣлимыми частицами. Отъ одного вихря къ другому

передаются черезъ посредство лежащей между ними жидкости давленія, которыя послѣдователи Ньютона, вслѣдствіе недостаточно полнаго анализа, приняли за дѣйствія на разстояніи. Таковы принципы физики, первый набросокъ которой далъ Декартъ, которую глубже развилъ Мальбраншъ и которой Уильямъ Томсонъ, основываясь на гидродинамическихъ изслѣдованіяхъ Коши и Гельмгольца, придалъ объемъ и точность, характеризующіе современныя математическія системы.

Эта картезіанская физика не была бы полна безъ теоріи магнитизма. Уже Декартъ дѣлалъ попытки къ созданію ея. Спирали изъ тонкой матеріи, которыя замѣняли въ этой теоріи — была здѣсь извѣстная доля наивности! — магнитныя тѣльца Гассенди, уступили свое мѣсто у картезіанцевъ XIX вѣка вихрямъ, съ гораздо большей долей учености придуманнымъ Максвеллемъ.

Такимъ образомъ, каждая философская школа проповѣдуетъ теорію, которая сводитъ явленія магнитныя къ элементамъ, совокупность которыхъ составляетъ сущность матеріи. Другія же школы отвергаютъ эту теорію или на основаніи своихъ принциповъ не находятъ возможнымъ признать въ ней удовлетворительное объясненіе магнитныхъ явленій.

§ IV.—Споръ о скрытыхъ причинахъ.

Упреки, адресуемые одной космологической школой другой, наиболѣе часто принимаютъ одну опредѣленную форму, и первое обвиненіе, которое одна предъявляетъ другой, гласитъ, что противная сторона ссылается на скрытыя причины.

Если взять большія космологическія школы—школы перипатетиковъ, ньютонову школу, школу атомистовъ и картезіанскую школу—то можно расположить ихъ въ одинъ рядъ такъ, чтобы каждая приписывала матеріи меньшее число существенныхъ свойствъ, чѣмъ предыдущія.

Школа перипатетиковъ образуетъ субстанцію тѣлъ изъ двухъ только элементовъ—матеріи и формы. Но эта форма можетъ принимать свойства, число которыхъ неограничено. Такъ, каждое физическое свойство можетъ быть приписано особому качеству—качеству чувственному, прямо доступному нашему воспріятію, каковы тяжесть, плотность, жидкое состояніе, теплота, свѣтъ, или же качеству скрытому, одни дѣйствія которыхъ могутъ стать

доступными намъ косвеннымъ путемъ, каковы магнитныя или электрическія свойства.

Ньютонова школа отвергаетъ это безконечное многообразіе качествъ и тѣмъ въ значительной степени упрощаетъ понятіе матеріальной субстанціи. Въ качествѣ элементовъ матеріи она оставляетъ только массы, взаимодѣйствія ихъ и фигуры, если она не хочетъ вмѣстѣ съ Босковичемъ и нѣкоторыми изъ его послѣдователей свести и ихъ къ точкамъ, лишеннымъ протяженія.

Школа атомистовъ идетъ еще дальше. У нея матеріальные элементы сохраняютъ массу, фигуру и твердость, но силы, съ которыми они другъ на друга дѣйствуютъ, согласно школѣ Ньютона, исчезаютъ изъ области реальнаго, а онѣ разсматриваются лишь, какъ явленія и фикціи.

Наконецъ, картезіанцы доводятъ до крайности эту тенденцію лишить матеріальную субстанцію различныхъ свойствъ. Они отвергаютъ твердость атомовъ, отвергаютъ даже различіе между пустымъ и наполненнымъ пространствомъ, чтобы отождествить матерію, согласно выраженію Лейбница[1]) съ «протяженіемъ и однимъ голымъ его измѣненіемъ».

Итакъ, каждая космологическая школа допускаетъ въ своихъ объясненіяхъ извѣстныя свойства матеріи, которымъ послѣдующая школа отказываетъ въ значеніи реальностей, которыя она разсматриваетъ лишь какъ слова, указывающія, не вскрывая ихъ, на реальности болѣе глубоко запрятанныя, которыя она уподобляетъ, однимъ словомъ, тайнымъ качествамъ, въ столь большомъ изобиліи созданнымъ схоластикой.

Врядъ ли нужно напоминать, что всѣ другія космологическія школы, кромѣ школы перипатетиковъ, старались выставить на видъ этой послѣдней весь тотъ арсеналъ качествъ, который та скопляла подъ крыломъ субстанціальной формы,—арсеналъ, которымъ она обогащала все новымъ и новымъ качествомъ каждый разъ, когда приходилось объяснять новыя явленія. Но не одна физика перипатиковъ была повинна въ такихъ прегрѣшеніяхъ.

Дѣйствія притяженія и отталкиванія, производимыя на разстояніи — дѣйствія, которыя школа Ньютона приписывала матеріальнымъ элементамъ,—атомисты и картезіанцы относили къ тѣмъ чисто словеснымъ объясненіямъ, которыя были столь привычны древней схоластикѣ. Принципы Ньютона не успѣли увидѣть еще

---

[1]) Leibniz, Oevres edition Gerhardt t. IV стр. 464.

свѣта божьяго, какъ они возбудили уже насмѣшки той группы атомистиковъ, которая объединилась вокругъ Гюйгенса. «Что касается объясненія, которое даетъ явленію прилива Ньютонъ писалъ Гюйгенсъ Лейбницу [1]) то оно меня столь же мало удовлетворяетъ, какъ всѣ другія его теоріи, основанныя на его принципѣ притяженія, по моему представляющемъ чистѣйшій абсурдъ».

Живи въ эту эпоху Декартъ, онъ говорилъ бы аналогичное тому, что говорилъ Гюйгенсъ. Дѣйствительно, Мерсеннъ показалъ ему одно сочиненіе Роберваля [2]), въ которомъ этотъ авторъ задолго до Ньютона принималъ всемірное тяготѣніе. 20 Апрѣля 1646 года Декартъ высказалъ слѣдующее мнѣніе объ этомъ сочиненіи: [3]).

«Нѣтъ ничего болѣе абсурднаго, чѣмъ одно допущеніе, присоединенное къ предыдущему; авторъ принимаетъ, что извѣстное свойство присуще каждой отдѣльной части матеріи въ мірѣ и что въ силу этого свойства эти части движутся другъ къ другу и взаимно притягиваются; онъ принимаетъ также, что сходное свойство присуще каждой изъ частицъ на землѣ, разсматриваемой въ ея отношеніи ко всѣмъ другимъ частицамъ, и что это свойство не наноситъ ни малѣйшаго ущерба предыдущему. Чтобы это понять, приходится допустить не только то, что каждая изъ матеріальныхъ частичекъ одухотворена и что въ ней живетъ даже огромное число различныхъ душъ, другъ другу не мѣшающихъ, но и то также, что эти души матеріальныхъ частичекъ одарены сознаніемъ, что онѣ поистинѣ божественны, ибо онѣ безъ всякаго посредства другой среды могутъ знать, что происходитъ въ самыхъ отдаленныхъ отъ нихъ мѣстахъ и тамъ производить свои дѣйствія».

Картезіанцы сходятся, слѣдовательно, съ атомистами въ осужденіи принципа дѣйствія на разстояніи, какъ ссылки на скрытое качество,— принципа, на который ссылаются въ своихъ теоріяхъ сторонники Ньютона. Но, обратившись къ атомистамъ, картезіанцы съ неменьшей суровостью осуждаютъ твердость и недѣлимость, которыя тѣ приписываютъ своимъ частицамъ. «Другое, что мнѣ не нравится, пи-

---

[1]) Huygens à Leibniz, 18 novembre 1690 (Oeuvres complètes de Huygens, t. IX, стр. 528).

[2]) Aristarchi Samii: De mundi systesmate, partibus et motibus ejusdem, liber, singularis: Parisiis, 1643.— Сочиненіе это было воспроизведено въ 1648 году въ III т. Cogitata physico-mathematica Мерсенна.

[3]) Descartes; Correspondance, edition P. Tannery et Ch. Adam. no CLXXX t. IV, стр. 396.

салъ атомисту Гюйгенсу картезіанецъ Дени Папенъ [1]), это .... то, что вы полагаете, будто совершенная твердость есть одно изъ существенныхъ свойствъ тѣлъ. Мнѣ кажется, это это равносильно допущенію существеннаго свойства, которое насъ отбрасываетъ отъ всѣхъ математическихъ или механическихъ принциповъ». Съ не меньшей суровостью, правда, атомистъ Гюйгенсъ осуждаетъ мнѣніе картезіанцевъ. «Другое затрудненіе, которое вы находите, отвѣчалъ онъ Папену [2]), это то, что я допускаю, что твердость есть одно изъ существенныхъ свойствъ тѣлъ, а не считаю таковымъ вмѣстѣ съ Декартомъ протяженность. Отсюда я заключаю, что вы не освободились еще отъ этого мнѣнія, между тѣмъ какъ я уже съ давнихъ поръ считаю его абсурднымъ».

Изъ сказаннаго ясно, что кто ставитъ теоретическую физику въ зависимость отъ метафизики, тотъ не содѣйствуетъ тому, чтобы обезпечить за ней всеобщее признаніе.

§ V.—Ни одна метафизическая система не достаточна, какъ основа для физической теоріи.

Каждая изъ метафизическихъ школъ упрекаетъ своихъ соперницъ въ томъ, что тѣ въ своихъ объясненіяхъ ссылаются на понятія, которыя сами не объяснимы, которыя являются поистинѣ скрытыми качествами. Не могла бы ли она почти всегда обратиться съ этимъ упрекомъ къ себѣ самой?

Философы, принадлежащіе къ какой-нибудь извѣстной школѣ, только тогда объявляютъ себя совершенно удовлетворенными теоріей, созданной физиками той же школы, когда всѣ принципы этой теоріи выведены изъ той метафизики, которую исповѣдуетъ эта школа. Если же физикъ въ ходѣ объясненія какого-нибудь физическаго явленія ссылается на законъ, который этой метафизикой доказанъ быть не можетъ, объясненіе считается неудавшимся и физическая теорія, по ихъ мнѣнію, не достигла своей цѣли.

Но ни одна метафизика не даетъ столь точныхъ, столь детальныхъ указаній, чтобы изъ нихъ можно было вывести всѣ элементы физической теоріи.

---

[1]) Denis Papin a Christian Huygens, 18 juin 1690 (Oeuvres completes de Huygens, t. IX, стр. 429).

[2]) Christian Huygens a Denis Papin. 2 septembre 1690 (Oeuvres completes de Huygens, t. IX, стр. 484).

Въ самомъ дѣлѣ, указанія, которыя метафизическое ученіе даетъ относительно истинной природы тѣлъ, состоятъ большей частью изъ отрицаній. Перипатетики, какъ и картезіанцы, отрицаютъ возможность пустого пространства. Сторонники Ньютона отрицаютъ всякое качество, которое не можетъ быть сведено къ силѣ, дѣйствующей между матеріальными точками. Атомисты и картезіанцы отрицаютъ всякое дѣйствіе на разстояніи. Картезіанцы не признаютъ никакого другого различія между различными частями матерій, кромѣ различій въ фигурѣ и движеніи.

Всѣ эти отрицанія пригодны въ качествѣ аргументовъ, когда дѣло идетъ объ обсужденіи теоріи, предложенной другой какой-нибудь школой. Но они обнаруживаютъ удивительное безплодіе, когда хочешь изъ нихъ вывести принципы для физической теоріи.

Декартъ, напримѣръ, отрицаетъ за матеріей всякіе другіе признаки, кромѣ протяженности въ длину, ширину и глубину, и различныхъ ея формъ, т. е. кромѣ фигуръ и движеній. Когда же эти величины даны, но только онѣ однѣ, онъ не въ состояніи приступить даже къ объясненію физическаго закона.

Прежде чѣмъ приступить къ построенію какой-нибудь теоріи, онъ, по меньшей мѣрѣ, долженъ былъ бы знать общія правила, регулирующія различныя движенія. А между тѣмъ онъ пытается вывести динамику, исходя изъ своихъ метафизическихъ принциповъ.

Совершенство Бога требуетъ, чтобы воля его была непреложна. Изъ этой непреложности вытекаетъ слѣдующее положеніе: Богъ сохраняетъ постояннымъ количество движенія въ мірѣ, данное отъ начала его.

Но это постоянство количества движенія въ мірѣ не есть еще принципъ настолько точный, на столько опредѣленный, чтобы мы могли вывести изъ него хотя бы одно только уравненіе динамики. Мы должны выразить его въ количественной формѣ, для чего необходимо дать вполнѣ опредѣленное алгебраическое выраженіе понятію количества движенія, которое до настоящаго времени осталось слишкомъ неяснымъ.

Какой же математическій смыслъ физикъ вкладываетъ въ настоящее время въ слова: количество движенія?

По Декарту количество движенія каждой матеріальной частицы есть произведеніе изъ массы ея—или ея объема, который въ картезіанской физикѣ тождествененъ съ массой—на скорость, которую она обладаетъ. Количество движенія всей матеріи есть тогда сумма

количествъ движенія ея отдѣльныхъ частей. Сумма эта сохраняетъ при каждомъ физическомъ измѣненіи свою неизмѣнную величину.

Комбинація алгебраическихъ величинъ, въ которой Декартъ стремится выразить понятіе количества движенія, соотвѣтствуетъ, безъ сомнѣнія, тому, что мы ожидаемъ отъ такого выраженія на основаніи нашихъ инстинктивныхъ знаній. Она равна нулю въ случаѣ системы неподвижной и есть положительная величина въ случаѣ группы тѣлъ, находящихся въ движеніи. Величина ея возрастаетъ, когда скорость движенія подъ дѣйствіемъ опредѣленной массы возрастаетъ; возрастаетъ она также, когда при данной скорости возрастаетъ масса. Но есть еще безконечное множество и другихъ выраженій, тоже вполнѣ удовлетворяющихъ этимъ требованіямъ. Вмѣсто скорости можно, какъ извѣстно, взять и квадратъ скорости. Мы получили бы тогда алгебраическое выраженіе, совпадающее съ тѣмъ, которое Лейбницъ назвалъ живой силой. Вмѣсто постоянства въ мірѣ картезіанскаго количества движенія можно было бы тогда выводить изъ непреложности воли Божіей и постоянство живой силы Лейбница.

Такимъ образомъ законъ, который Декартъ пытается положить въ основу динамики, вполнѣ согласуется, безъ сомнѣнія, и съ картезіанской метафизикой. Но онъ вовсе не вытекаетъ изъ нея съ полной необходимостью. Поэтому, когда Декартъ доказываетъ, что извѣстныя физическія явленія представляютъ собою ничто иное, какъ послѣдствіе такого закона, то онъ доказываетъ этимъ, правда, что эти явленія не находятся въ противорѣчіи съ принципами его философіи, но онъ вовсе не объясняетъ ихъ этими принципами.

То, что мы сказали о картезіанизмѣ, мы могли бы повторить относительно всякаго метафизическаго ученія, претендующаго служить основой для построенія физической теоріи. Во всѣхъ такихъ теоріяхъ мы находимъ извѣстныя гипотезы, которыя вовсе не имѣютъ своей основой принципы даннаго метафизическаго ученія. Сторонники Босковича принимаютъ, что всѣ притяженія или отталкиванія, происходящія на замѣтномъ разстояніи, обратно пропорціональны квадрату разстоянія. Именно эта гипотеза позволяетъ имъ построить механику неба, механику электрическую и механику магнитную. Но данная форма закона продиктована имъ желаніемъ согласовать свои объясненія съ фактами, а она вовсе не вытекаетъ изъ требованій ихъ философіи. Атомисты принимаютъ, что удары частицъ подчинены извѣстному закону. Но этотъ законъ есть чрезвычайно смѣлое распространеніе на міръ атомовъ другого

закона, который можно изучать только на массахъ достаточно большихъ, чтобы быть доступными воспріятію нашихъ чувствъ, а онъ вовсе не есть необходимый выводъ изъ эпикурейской философіи.

Итакъ, совершенно невозможно вывести изъ метафизической системы всѣ тѣ элементы, которые необходимы для построенія физической теоріи. Всегда эта послѣдняя прибѣгаетъ къ допущеніямъ, которыя вовсе не даны этой системой и которыя сохраняютъ, поэтому, для сторонниковъ ея значеніе мистеріи. Всегда въ основѣ объясненій, которыя система тщится дать, лежитъ нѣчто необъяснимое.

ГЛАВА ВТОРАЯ.

Физическая теорія и естественная классификація.

---

§ I.—Истинная природа физической теоріи и операціи, которыми она получается.

Разсматривая физическую теорію, какъ гипотетическое объясненіе матеріальной дѣйствительности, мы ставимъ ее въ зависимость отъ метафизики. Этимъ мы вовсе не придаемъ ей форму, которая могла бы встрѣтить признаніе большого числа мыслителей, а ограничиваемъ число сторонниковъ ея тѣми учеными, которые признаютъ философію, лежащую въ ея основѣ. Но даже сами эти сторонники не вполнѣ удовлетворены этой теоріей, ибо она вовсе не выводитъ всѣхъ своихъ принциповъ изъ метафизическаго ученія, изъ котораго она, какъ она утверждаетъ, исходитъ.

Мысли эти, развитыя въ предыдущей главѣ, естественно приводятъ насъ къ слѣдующимъ двумъ вопросамъ:

Нельзя ли поставить предъ физической теоріей такую цѣль, чтобы она стала самостоятельной? Если она будетъ основана на принципахъ, не заимствованныхъ ни изъ одной метафизической доктрины, можно будетъ оцѣнивать ее самое безъ всякой связи съ различными философскими школами, сторонникомъ которой тѣ или другіе физики являются

Нельзя ли придумать методъ, достаточный для того, чтобы построить физическую теорію? Теорія, согласующаяся съ собственнымъ своимъ опредѣленіемъ, не станетъ пользоваться ни однимъ принципомъ, не станетъ сообража́ться ни съ однимъ допущеніемъ которыми она не могла бы пользоваться по праву.

Вотъ эту цѣль и этотъ методъ мы и хотимъ разсмотрѣть.

Дадимъ сейчасъ же опредѣленіе физической теоріи, которое въ ходѣ дальнѣйшаго нашего изложенія будетъ выяснено и развито все полнѣе и яснѣе.

Физическая теорія не есть объясненіе. Это система математическихъ положеній, выведенныхъ изъ небольшого числа принциповъ, имѣющихъ цѣлью выразить возможно проще, полнѣе и точнѣе цѣльную систему экспериментально установленныхъ законовъ.

Чтобы дать этому опредѣленію теперь же нѣсколько болѣе точное выраженіе, мы попытаемся охарактеризовать тѣ четыре послѣдовательныя операціи, которыми образуется физическая теорія.

I. Изъ физическихъ свойствъ, которыя мы предполагаемъ выразить, мы выберемъ тѣ, которыя мы будемъ разсматривать, какъ свойства простыя, а всѣ остальныя мы будемъ разсматривать, какъ группы и комбинаціи первыхъ. Соотвѣтственными измѣрительными методами мы создадимъ необходимое число соотвѣтствующихъ имъ математическихъ символовъ, чиселъ, величинъ. Эти математическіе символы не стоятъ ни въ какой естественной связи со свойствами, которыя они выражаютъ. Единственная связь, которая между ними существуетъ, есть связь, существующая между знакомъ и обозначаемой имъ вещью. Соотвѣтственными измѣрительными методами можно установить соотвѣтствіе между каждымъ состояніемъ какого-нибудь физическаго свойства и величиной представляющаго его символа и наоборотъ.

2. Эти введенныя нами величины различнаго рода мы связываемъ въ небольшое число положеній, которыя и будутъ служить принципами для нашихъ выводовъ. Принципы эти могутъ быть названы гипотезами въ этимологическомъ смыслѣ этого слова: они, дѣйствительно, служатъ основаніемъ, на которомъ будетъ построена теорія. Но они никоимъ образомъ не претендуютъ устанавливать истинныя связи между реальными свойствами тѣлъ. Гипотезы эти могутъ быть, слѣдовательно, формулированы произвольнымъ образомъ. Единственный предѣлъ этому произволу, абсолютно непереходимый, есть логическое противорѣчіе, будь то между членами одной и той же гипотезы или между различными гипотезами одной и той же теоріи.

3. Различные принципы или гипотезы всякой теоріи связаны между собой въ одно единое цѣлое на основаніи правилъ математическаго анализа. Требованія алгебраической логики—единственное, чему ученый авторъ долженъ удовлетворять, развивая свою теорію. Величины, на которыхъ основываются его вычисленія, вовсе непретендуютъ быть физическими реальностями, принципы изъ

которыхъ онъ исходитъ въ своихъ выводахъ, вовсе не претендуютъ быть выраженіемъ дѣйствительныхъ отношеній между такими реальностями. Поэтому, не имѣетъ ни малѣйшаго значенія вопросъ, соотвѣтствуютъ ли операціи, которыя онъ совершаетъ, реальнымъ или даже только мыслимымъ физическимъ измѣненіямъ или нѣтъ. Все, что мы въ правѣ отъ него требовать, это, чтобы его заключенія были правильны и его вычисленія точны.

4. Различные выводы, которые дѣлаются такимъ образомъ изъ установленныхъ гипотезъ, могутъ быть переведены въ такое же число сужденій о физическихъ свойствахъ тѣлъ. Методы, позволяющіе опредѣлить и измѣрить эти физическія свойства, представляютъ собой какъ бы словарь или ключъ, позволяющій сдѣлать этотъ переводъ. Эти сужденія сравниваютъ съ экспериментальными законами, которые теорія должна выразить. Если они согласуются съ этими законами съ той степенью приближенія, которую допускаютъ примѣненные методы измѣренія, то теорія достигла своей цѣли, и она должна быть признана правильной; если же нѣтъ, она плоха, должна быть измѣнена или даже вовсе отвергнута.

Такимъ образомъ, *правильной* мы должны считать не такую теорію, которая даетъ объясненіе физическимъ явленіямъ, соотвѣтствующее дѣйствительности, а такую, которая наиболѣе удовлетворительнымъ образомъ выражаетъ группу экспериментально установленныхъ законовъ. *Неправильной* теоріей мы должны назвать не попытку объясненія, основанную на допущеніяхъ, противорѣчащихъ дѣйствительности, а группу положеній, не согласныхъ съ экспериментально установленными законами. *Единственный критерій истинности физической теоріи есть согласіе ея съ данными опыта.*

Опредѣленіе, которое мы здѣсь излагаемъ, различаетъ въ физической теоріи четыре основныхъ операціи:

1. Опредѣленіе и измѣреніе физическихъ величинъ;
2. Выборъ гипотезъ;
3. Математическое развитіе теоріи;
4. Сравненіе теоріи съ опытомъ.

О каждой изъ этихъ операцій намъ неоднакратно и долго придется говорить въ этомъ сочиненіи, ибо каждая изъ нихъ представляетъ трудности, требующія самаго тщательнаго анализа. Но мы уже и теперь имѣемъ полную возможность отвѣтить на нѣкото-

рые вопросы, опровергнуть нѣкоторыя возраженія, вызванныя даннымъ здѣсь опредѣленіемъ физической теоріи.

§ II.—Какова польза отъ физической теоріи? Теорія, какъ экономія мышленія.

Но прежде всего, къ чему можетъ служить такая теорія?

По вопросу объ истинной природѣ вещей, по вопросу о реальностяхъ, которыя скрываются позади явленій, подлежащихъ нашему изученію, теорія, построенная по изложенному здѣсь плану, не научаетъ насъ абсолютно ничему, да и не претендуетъ на это. Какая же польза отъ нея? Какую пользу ученые физики видятъ въ замѣнѣ законовъ, доставляемыхъ намъ непосредственно экспериментальнымъ методомъ, — системой математическихъ положеній, которыя представляютъ, выражаютъ эти законы?

Прежде всего вмѣсто очень большого числа законовъ, представляющихся намъ независимыми другъ отъ друга, каждый изъ которыхъ долженъ быть изученъ и удержанъ самъ по себѣ, независимо отъ другихъ, наша теорія устанавливаетъ очень небольшое число положеній, основныхъ гипотезъ. Разъ изучены эти гипотезы, математическій выводъ, безусловно надежный, даетъ возможность безъ пробѣловъ, безъ повтореній найти всѣ физическіе законы. Такого рода конденсація кучи законовъ въ небольшое число принциповъ представляетъ собою огромное облегченіе для человѣческаго ума, который безъ этого искуственнаго средства не совладалъ бы со множествомъ новыхъ пріобрѣтеній, выпадающихъ на его долю изо дня въ день.

Сведеніе физическихъ законовъ къ теоріямъ содѣйствуетъ той экономіи мышленія, въ которой Эрнстъ Махъ[1]) усматриваетъ цѣль, регулирующій принципъ науки.

Уже экспериментальный законъ представляетъ собою первое проявленіе экономіи мышленія. Умъ человѣческій имѣлъ передъ собою огромное число конкретныхъ фактовъ, каждый изъ которыхъ слагался изъ множества деталей, между собою несходныхъ. Ни одинъ человѣкъ не могъ бы достичь знанія всѣхъ этихъ фактовъ и тѣмъ болѣе запомнить ихъ; ни одинъ человѣкъ не былъ бы въ со-

---

[1]) Эрнстъ Махъ, Экономическая природа физическаго изслѣдованія. Популярно-научные очерки. пер. Г. А. Котляра стр. 152.—Механика, историко-критическій очеркъ ея развитія. Гл. IV, § 4: Экономія науки, стр. 402 (пер. Г. А. Котляра).

стояніи сообщить эти знанія своимъ ближнимъ. За дѣло принялась абстракція. Она отбросила все частное, индивидуальное въ каждомъ изъ этихъ фактовъ, она извлекла изъ всѣхъ ихъ все, что принадлежало всѣмъ имъ и имѣло общее значеніе, и это огромное множество фактовъ она замѣнила однимъ единственнымъ положеніемъ, которое легко удержать въ памяти и сообщить другимъ. Такъ абстракція формулировала физическій законъ.

«Вмѣсто того, напримѣръ, чтобы отмѣчать всѣ различные случаи преломленія свѣта въ отдѣльности, мы можемъ всѣ встрѣчающіеся случаи воспроизводить или до опыта представить себѣ, если мы знаемъ, что лучъ падающій и преломленный лежатъ въ одной плоскости съ перпендикуляромъ и что $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n$. Вмѣсто безчисленнаго множества случаевъ преломленія свѣта при различныхъ комбинаціяхъ веществъ и углахъ паденія, намъ нужно тогда отмѣтить себѣ только это указаніе и значенія для n, что гораздо легче. Экономическая тенденція здѣсь очевидна [1])».

Эту экономію, вытекающую изъ замѣны конкретныхъ фактовъ закономъ, умъ человѣческій удваиваетъ, когда онъ сгущаетъ экспериментальные законы въ теоріи. Тѣмъ, что законъ преломленія свѣта является по отношенію къ безчисленнымъ фактамъ преломленія, оптическая теорія является по отношенію къ безконечно многообразнымъ законамъ свѣтовыхъ явленій.

Изъ свѣтовыхъ явленій древніе лишь очень небольшое число обобщили въ законы. Единственные оптическіе законы, извѣстные имъ, были: законъ прямолинейнаго распространенія свѣта и законъ его отраженія. Этотъ скудный реестръ законовъ обогатился въ эпоху Декарта закономъ преломленія свѣта. Столь скудная оптика могла обойтись безъ теорій: было легко изучить и запомнить каждый законъ въ отдѣльности и самъ по себѣ.

Возьмемъ теперь современную оптику. Нашелся ли бы физикъ, который сумѣлъ бы безъ помощи теоріи познакомиться, хотя бы и поверхностно, съ этой огромной областью? Факты простого преломленія, двойного преломленія въ одно—или двуосныхъ кристаллахъ, факты отраженія свѣта въ изотропныхъ и кристаллическихъ средахъ, интерференціи, дифракціи, поляризаціи вслѣдствіе простого или двойного преломленія, хроматической поляризаціи, круговой поляризаціи и т. д.,—каждая изъ этихъ крупныхъ категорій

---

1) Ibid, стр. 406.

явленій даетъ возможность формулировать цѣлый рядъ экспериментальныхъ законовъ, передъ числомъ и сложностью которыхъ спасовала бы память, самая воспріимчивая, самая надежная.

И вотъ на помощь является оптическая теорія. Собравъ всѣ эти законы, она сгущаетъ ихъ въ небольшое число принциповъ. Изъ этихъ принциповъ легко во всякое время вывести съ точностью и полной правильностью нужный законъ. Нѣтъ больше надобности хранить знаніе всѣхъ этихъ законовъ, а вполнѣ достаточно знать принципы, на которыхъ покоится теорія.

Этотъ примѣръ съ совершенной ясностью рисуетъ передъ нами путь развитія физическихъ наукъ. Экспериментаторъ безостановочно, изо дня въ день открываетъ факты, до сихъ поръ и не подозрѣваемые, и формулируетъ новые законы. Для того же, чтобы умъ человѣческій сумѣлъ усвоить всѣ эти пріобрѣтенія, теоретикъ безостановочно придумываетъ формы представленія ихъ, всё болѣе и болѣе сгущенныя, системы все болѣе и болѣе экономныя. Развитіе физики ведетъ къ неустанной борьбѣ между «природой, которая не устаетъ обнаруживать новое», и умомъ человѣческимъ, который не желаетъ «отставать въ пониманіи этого новаго».

§ III.—Теорія, какъ классификація.

Теорія есть не только экономное представленіе экспериментальныхъ законовъ, а она есть еще и **классификація** ихъ.

Экспериментальная физика даетъ намъ всѣ законы вмѣстѣ и, такъ сказать, по одному плану, не раздѣляя ихъ на группы на основаніи той или другой родственной связи. Очень часто наблюдатели сближаютъ въ своихъ изслѣдованіяхъ одинъ законъ съ другимъ на основаніи соображеній совершенно случайныхъ, аналогій совершенно поверхностныхъ. Такъ, Ньютонъ въ одномъ и томъ же сочиненіи излагаетъ законы разсѣянія свѣта при прохожденіи черезъ призму вмѣстѣ съ законами цвѣтовъ мыльныхъ пузырей, и дѣлаетъ онъ это просто потому, что и въ томъ и въ другомъ случаѣ наши глаза замѣчаютъ эти два сорта явленій, благодаря слишкомъ яркимъ цвѣтамъ.

Другое дѣло—теорія. Развивая все далѣе и далѣе дедуктивныя умозаключенія, устанавливающія связь между принципами съ одной стороны и экспериментальными законами—съ другой, она устанавливаетъ между ними порядокъ и классификацію. Одни изъ нихъ она, тѣсно связавъ, объединяетъ въ одну

группу, другіе она раздѣляетъ и относитъ къ двумъ группамъ, весьма другъ отъ друга отдаленнымъ. Она даетъ, такъ сказать, оглавленіе и заглавія отдѣльныхъ главъ, на которыя подлежащая изученію наука методически распадается, и отмѣчаетъ законы, которые должны быть отнесены въ ту или другую изъ этихъ главъ.

Такъ, рядомъ съ законами, опредѣляющими спектръ преломленнаго въ призмѣ свѣтового луча, она помѣщаетъ законы, которыми опредѣляются цвѣта радуги. Законы же, которыми опредѣляются цвѣта ньютоновыхъ колецъ, она относитъ въ совершенно другую область, объединяя ихъ съ законами интерференціонныхъ полосъ, открытыхъ Юнгомъ и Френелемъ. Въ другой группѣ она разсматриваетъ тонкіе цвѣта, изученные Гримальди, какъ явленія, родственныя съ дифракціоннымъ спектромъ, полученнымъ Фраунгоферомъ. Законы всѣхъ этихъ явленій, которые обыкновенный наблюдатель смѣшиваетъ въ одну кучу изъ-за яркихъ цвѣтовъ, для нихъ характерныхъ, трудами теоретика классифицируются и приводятся въ извѣстный порядокъ.

Познаніями классифицированными удобно пользоваться. Мало также шансовъ ошибиться при пользованіи ими. Когда рядомъ лежатъ орудія, служащія одной и той же цѣли, и когда строго отдѣлены другъ отъ друга инструменты, служащіе различнымъ цѣлямъ, рука рабочаго быстро безъ колебаній, безъ опасеній беретъ орудіе, которое нужно въ данный моментъ. Такъ, благодаря теоріи, физикъ съ полной увѣренностью, не упуская ничего существеннаго, не примѣняя ничего излишняго, находитъ законы, которые могутъ помочь ему при разрѣшеніи данной проблемы.

Вездѣ, гдѣ царствуетъ порядокъ, къ нему присоединяется и красота. Благодаря теоріи, группа физическихъ законовъ, которую она представляетъ, не только примѣняется съ большей легкостью, съ большимъ удобствомъ, съ большей плодотворностью, но она становится и болѣе прекрасной.

Слѣдя за развитіемъ какой-нибудь изъ великихъ теорій физики, наблюдая, какъ великолѣпно и стройно развиваются изъ первыхъ ея гипотезъ дальнѣйшія ея дедукціи, какъ результаты ея представляютъ вплоть до мельчайшихъ деталей цѣлый рядъ экспериментально установленныхъ законовъ, невозможно не почувствовать себя увлеченнымъ красотой столь стройнаго зданія, не почувствовать съ живостью, что подобнаго рода созданіе ума человѣческаго есть истинное произведеніе искусства.

§ IV.—Теорія имѣетъ тенденцію превратиться въ естественную классификацію [1]).

Это эстетическое чувство—не единственное чувство, которое вызываетъ теорія, развитая до высокой степени совершенства. Такая теорія пробуждаетъ въ насъ еще убѣжденіе, что передъ нами классификація естественная.

Но прежде всего, что такое естественная классификація? Что хочетъ, напримѣръ, сказать натуралистъ, устанавливая естественную классификацію позвоночныхъ животныхъ?

Классификація, которую онъ придумалъ, представляетъ собою совокупность умственныхъ операцій. Она касается но конкретныхъ индивидовъ, а абстракцій, видовъ. Эти виды она подраздѣляетъ на группы такъ, чтобы болѣе спеціальныя входили, какъ составная часть, въ болѣе общія. Чтобы образовать эти группы, натуралистъ разсматриваетъ различные органы—позвоночный столбъ, черепъ, сердце, пищеварительный каналъ, легкіе, плавательный пузырь— и не въ той спеціальной и конкретной формѣ, которую они имѣютъ у того или другого индивида, а въ формѣ абстрактной, общей, схематической, принадлежащей всѣмъ видамъ одной и той же группы. Между этими органами, столь преобразованными абстракціей, онъ устанавливаетъ сравненія, отыскивая аналогіи и различія. Такъ, плавательный пузырь рыбъ, напримѣръ, онъ объявляетъ гомологичнымъ съ легкими позвоночныхъ животныхъ. Эти гомологіи суть сближенія, чисто идеальныя, касающіяся не реальныхъ органовъ, а обобщенныхъ и упрощенныхъ представленій, создавшихся въ умѣ естествоиспытателя. Классификація есть ничто иное, какъ синоптическая картина, резюмирующая всѣ эти сближенія.

Когда зоологъ утверждаетъ, что такая классификація есть классификація естественная, онъ полагаетъ, что эти идеальныя связи, установленныя его разумомъ между абстрактными идеями, соотвѣтствуютъ реальнымъ отношеніямъ между конкретными существами, въ которыхъ тѣ абстракціи воплощаются. Онъ полагаетъ, напримѣръ, что сходныя черты, болѣе или менѣе замѣтныя, которыя онъ установилъ между различными видами, служатъ по-

---

[1]) Въ статьѣ «L'Ecole anglaise et les theories physiques, art. 6,» напечатанной въ журналѣ Revue des questions scientifiques, octobre 1903, мы охарактеризовали уже естественную классификацію, какъ идеальную форму, къ которой должна стремиться физическая теорія.

казателями болѣе или менѣе тѣснаго родства въ собственномъ смыслѣ, существующаго между индивидами, совокупность которыхъ образуетъ данный видъ. Онъ полагаетъ, что тѣ связи, въ которыхъ онъ воплощаетъ взаимоотношеніе между классами, порядками, семействами и видами, воспроизводятъ развѣтвленіе генеалогическаго дерева, изображающаго развитіе различныхъ позвоночныхъ животныхъ изъ одного ствола. Чтобы установить эти отношенія дѣйствительнаго родства, это происхожденіе, одной сравнительной анатоміи недостаточно; понять и подтвердить ихъ есть задача физіологіи и палеонтологіи. Но, обозрѣвая порядокъ, который его методы сравненія вносятъ въ безпорядочную толпу животныхъ, анатомъ не можетъ не утверждать о тѣхъ связяхъ, доказательство которыхъ выходитъ за предѣлы его методовъ. И если бы физіологія и палеонтологія въ одинъ прекрасный день доказали ему, что выдуманное имъ родство въ дѣйствительности не существуетъ, что эволюціонная гипотеза есть голая выдумка, онъ тѣмъ не менѣе продолжалъ бы думать, что система, созданная его классификаціей, изображаетъ дѣйствительныя связи, существующія между животными. Онъ призналъ бы, можетъ быть, что онъ ошибся насчетъ природы этихъ связей, но существованіе ихъ онъ продолжалъ бы защищать.

Легкость, съ которой всякій экспериментально установленный законъ находитъ свое мѣсто въ классификаціи, созданной физикомъ, ослѣпительная ясность, проявляющаяся въ этой, до совершенства правильной, группировкѣ, пробуждаютъ въ насъ непреодолимое убѣжденіе въ томъ, что такая классификація не есть классификація чисто искусственная, что такой порядокъ не есть результатъ чисто произвольной группировки законовъ, придуманной геніальнымъ ученымъ. Не будучи въ состояніи ни отдавать себѣ отчетъ въ этомъ нашемъ убѣжденіи, ни также отдѣлаться отъ него, мы усматриваемъ въ строго точномъ порядкѣ этой системы признакъ, по которому можно узнать классификацію естественную. Не претендуя на объясненіе реальности, скрывающейся позади явленій, законы которыхъ мы группируемъ, мы тѣмъ не менѣе чувствуемъ, что группы, созданныя нашей теоріей, соотвѣтствуютъ дѣйствительнымъ родственнымъ связямъ между самими вещами

Физикъ, усматривающій во всякой теоріи объясненіе, убѣжденъ, что въ свѣтовомъ колебаніи онъ открылъ дѣйствительную и самую сокровенную причину того качества, съ которымъ чувства наши знакомятъ насъ, какъ со свѣтомъ и цвѣтомъ. Онъ вѣритъ

въ существованіе нѣкотораго тѣла, эфира, отдѣльныя части котораго охвачены этимъ быстрымъ колебательнымъ движеніемъ.

Мы не раздѣляемъ этихъ иллюзій—въ этомъ нѣтъ ни малѣйшаго сомнѣнія. Когда мы по поводу какой-нибудь оптической теоріи говоримъ еще о свѣтовомъ колебаніи, мы вовсе при этомъ не имѣемъ въ виду какого-нибудь истиннаго колебательнаго движенія реальнаго тѣла. Нѣтъ, мы представляемъ себѣ только нѣкоторую абстрактную величину, чисто геометрическое выраженіе, длина которой, періодически измѣняющаяся, позволяетъ намъ формулировать гипотезы оптики, находить при помощи правильныхъ вычисленій тѣ экспериментальные законы, которымъ подчинены свѣтовыя явленія. Это колебательное движеніе есть для насъ не объясненіе, а только образъ.

Но когда послѣ долгихъ попытокъ и пробъ намъ удается съ помощью этого колебанія формулировать цѣлый рядъ фундаментальныхъ гипотезъ; когда мы видимъ, какъ планъ, намѣченнный этими гипотезами, вноситъ порядокъ и систему въ огромную область оптики, до тѣхъ поръ столь спутанную и безпорядочную, мы не можемъ отдѣлаться отъ мысли, что этотъ порядокъ, эта система есть образъ порядка и системы реальныхъ; мы не можемъ думать, что явленія, сближенныя между собою теоріей, каковы, напримѣръ, интерференціонныя полосы и цвѣта тонкихъ пластинокъ, не являются въ дѣйствительности проявленіями, мало различными, одного и того же признака свѣта, что явленія, раздѣленныя теоріей, какъ напримѣръ, спектръ диффракціи и спектръ дисперсіи не обязаны своимъ существованіемъ причинамъ, существенно различнымъ.

Итакъ, физическая теорія никогда не даетъ намъ объясненія экспериментальныхъ законовъ. Она никогда не вскрываетъ реальностей, скрывающихся позади доступныхъ воспріятію явленій. Но чѣмъ болѣе она совершенствуется, тѣмъ болѣе мы предчувствуемъ, что логическій порядокъ, который она устанавливаетъ между экспериментальными законами, есть отраженіе порядка онтологическаго, тѣмъ больше мы предчувствуемъ, что связи, которыя она устанавливаетъ между данными наблюденія, соотвѣтствуютъ связямъ, существующимъ между вещами [1]), тѣмъ болѣе мы можемъ предсказать, что она стремится стать классификаціей естественной.

Въ этомъ убѣжденіи физикъ не можетъ отдать себѣ отчета. Методъ, которымъ онъ пользуется, ограниченъ данными наблюде-

[1]) См. Poincaré: La Science et l'Hypothése, стр. 190, Paris, 1903. (Есть русскій переводъ. Прим. пер.).

нія. Поэтому, онъ не можетъ привести къ доказательству, что порядокъ, установленный экспериментальными законами, отражаетъ порядокъ, выходящій за предѣлы опыта. Тѣмъ болѣе онъ не можетъ подозрѣвать природы реальныхъ связей, которымъ соотвѣтствуютъ связи, установленныя теоріей. Но, если физикъ безсиленъ чѣмъ нибудь подтвердить это свое убѣжденіе, то онъ съ другой стороны не менѣе безсиленъ поколебать его. Тщетно онъ старается проникнуться той мыслью, что теоріи его не имѣютъ никакой силы достичь дѣйствительности, что онѣ служатъ единственно для того, чтобы дать законамъ экспериментально установленнымъ обобщенное и классифицированное описаніе. Онъ не можетъ заставить себя думать, что система, способная столь просто и легко упорядочить огромное множество законовъ, съ перваго взгляда столь мало родственныхъ, есть система чисто искусственная. Дѣйствіемъ интуиціи, вскрывшей передъ нимъ одинъ изъ этихъ резоновъ сердца, «которыхъ разумъ не знаетъ», Паскаль превозглашаетъ свою вѣру въ дѣйствительный порядокъ и въ то, что теоріи его являются образомъ этого порядка, со дня на день становящимся все болѣе и болѣе яснымъ и вѣрнымъ.

Такъ и анализъ методовъ, которыми строятся физическія теоріи, доказываетъ намъ съ полной очевидностью, что теоріи эти не могутъ служить объясненіями экспериментальныхъ законовъ. Съ другой же стороны вѣра, которой этотъ анализъ не способенъ подтвердить, но и безсиленъ поколебать, говоритъ намъ, что теоріи эти не являются системой чисто искусственной, а онѣ представляютъ собой классификацію естественную. И здѣсь примѣнима слѣдующая глубокая мысль Паскаля: «Мы обнаруживаемъ безсиліе въ доказательствѣ,—безсиліе, котораго никакой догматизмъ побѣдить не можетъ; у насъ есть идея истиннаго, которой весь пирронизмъ побѣдить не можетъ».

§ V.—Теорія, предшествующая опыту.

Есть одно обстоятельство, на которомъ съ особой ясностью проявляется наша вѣра въ естественный характеръ теоретической классификаціи. Обстоятельство это проявляется тогда, когда мы требуемъ отъ теоріи, чтобы она насъ познакомила съ результатами опыта раньше, чѣмъ онъ былъ осуществленъ на дѣлѣ, когда мы предъявляемъ къ ней смѣлое требованіе: «предсказывай намъ»!

Наблюдатели установили значительное число эксперименталь-

ныхъ законовъ. Теоретикъ собрался объединить ихъ въ очень небольшое число гипотезъ и совершилъ эту работу: каждый изъ экспериментальныхъ законовъ можетъ быть представленъ, какъ одно изъ послѣдствій, вытекающихъ изъ этихъ гипотезъ.

Но послѣдствій, которыя могутъ быть выведены изъ этихъ гипотезъ, безграничное множество. Можно изъ нихъ вывести и такія, которыя не соотвѣтствуютъ ни одному изъ установленныхъ уже раньше экспериментальныхъ законовъ, которыя представляютъ намъ просто экспериментальные законы—возможные.

Среди этихъ послѣдствій есть и такія, которыя связаны условіями, практически вполнѣ осуществимыми. Именно они представляютъ особый интересъ потому, что они могутъ быть провѣрены на дѣлѣ, могутъ быть поставлены на очную ставку съ дѣйствительными фактами. Если они представляютъ точно экспериментальные законы, регулирующіе эти факты, цѣнность теоріи возрастаетъ, область, которую она обнимаетъ, обогащается новыми законами. Напротивъ того, если среди этихъ послѣдствій оказывается и такое, которое находится въ противорѣчіи съ фактами, законъ которыхъ теорія должна представлять, то эта послѣдняя должна быть болѣе или менѣе видоизмѣнена, а, можетъ быть, и совершенно отвергнута.

Допустимъ на моментъ, что сопоставляются предсказанія теоріи съ данными дѣйствительности. Допустимъ, что мы хотимъ держать пари за или противъ теоріи. Какъ намъ поступить?

Допустимъ, что наша теорія есть система чисто искусственная, что въ гипотезахъ, на которыхъ она основана, мы видимъ положенія столь удачно составленныя, что они выражаютъ собой экспериментальные законы извѣстные уже, но мы не предполагаемъ въ нихъ никакого отраженія дѣйствительныхъ отношеній между реальностями, скрытыми отъ нашихъ глазъ. Въ такомъ случаѣ мы будемъ думать, что такого рода теорія скорѣе можетъ быть опровергнута, чѣмъ подтверждена вновь открытымъ закономъ, что было бы удивительной случайностью, если бы этотъ до сихъ поръ неизвѣстный законъ нашелъ вполнѣ подходящее для себя мѣсто, оставленное свободнымъ другими, открытыми уже законами. Само собою разумѣется, что основывать свои надежды именно на такой возможности было бы безуміемъ; ясно, что за это мы пари не держали бы.

Если же мы усматриваемъ въ нашей теоріи, напротивъ, классификацію естественную, если мы чувствуемъ, что принципы ея

выражаютъ глубокія и истинныя отношенія между вещами, мы не станемъ удивляться, если выводы изъ нея будутъ предупреждать самый опытъ и ускорять открытіе новыхъ законовъ. Въ такомъ случаѣ мы смѣло будемъ держать пари за эту теорію.

Требовать отъ классификаціи, чтобы она заранѣе указывала мѣсто фактамъ, подлежащимъ лишь открытію въ будущемъ, значитъ самымъ яснымъ образомъ показать, что мы считаемъ эту классификацію естественной. И когда опытъ подтверждаетъ предсказаніе нашей теоріи, мы чувствуемъ, какъ крѣпнетъ въ насъ убѣжденіе, что отношенія, установленныя нашимъ разумомъ между абстрактными понятіями, дѣйствительно соотвѣтствуютъ отношеніямъ между вещами.

Такъ, современныя химическія обозначенія, опираясь на развитыя формулы, образуютъ классификацію, обнимающую различныя соединенія. Удивительный порядокъ, который вноситъ эта классификація въ необъятный арсеналъ химіи, возбуждаетъ въ насъ увѣренность въ томъ, что это не система чисто искусственная. Аналогія между соединеніями и полученіе ихъ черезъ подстановку, связи, которыя такъ устанавливаются между соединеніями, имѣютъ смыслъ только въ нашемъ умѣ. И тѣмъ не менѣе мы убѣждены, что эти связи соотвѣтствуютъ родственнымъ отношеніямъ между самими вещами, природа которыхъ остается глубоко для насъ скрытой, но реальность которыхъ намъ однако не кажется сомнительной. Но это убѣжденіе тогда только превращается въ полную увѣренность, когда мы видимъ, какъ химическая теорія способна заранѣе писать формулы множества тѣлъ и синтезъ, руководствуясь этими указаніями, на самомъ дѣлѣ создаетъ множество вещей, составъ и даже своеобразіе которыхъ мы знали до самаго ихъ существованія.

Точно такимъ же образомъ, какъ предсказанные синтезы характеризуютъ систему химическихъ знаковъ, какъ классификацію естественную, такъ и физическая теорія докажетъ, что она есть отраженіе реальнаго порядка, если она будетъ предвосхищать данныя наблюденія.

И вотъ исторія физики даетъ намъ кучу примѣровъ такихъ прозорливыхъ предсказаній. Случалось, что теорія предвидѣла законы, не наблюденные еще, предвидѣла законы, которые казались невѣроятными, побуждая экспериментатора открывать ихъ и руководя имъ въ этомъ открытіи.

Академія Наукъ въ Парижѣ объявила конкурсъ на премію по физикѣ, которая должна была быть выдана на публичномъ засѣ-

данiи ея въ мартѣ 1819 года. Тема: общее изслѣдованiе явленiй преломленiя свѣта. Изъ двухъ предложенныхъ работъ одна, которая и была удостоена премiи, имѣла авторомъ Френеля. Бiо, Араго, Лапласъ, Гей-Люссакъ и Пуассонъ составляли комиссiю.

Изъ принциповъ, выставленныхъ Френелемъ, Пуассонъ изящнымъ анализомъ сдѣлалъ слѣдующiй странный выводъ: если на пути лучей, исходящихъ изъ свѣтящейся точки, помѣстить небольшой кругообразный и темный экранъ, то позади него и на самой его оси существуютъ точки, не только освѣщенныя, но точно столь же яркiя, какъ будто между ними и источникомъ свѣта никакого экрана не было бы.

Подобнаго рода выводъ противорѣчилъ, казалось, самымъ древнимъ и наиболѣе надежнымъ экспериментальнымъ даннымъ. Вслѣдствiе этого онъ могъ, казалось, привести только къ одному—къ отверженiю теорiи преломленiя свѣта, предложенной Френелемъ. Ясность этой теорiи внушила однако же Араго довѣрiе къ ея естественному характеру и онъ предпринялъ провѣрку ея. Наблюденiе дало результаты, совершенно согласовавшiеся съ столь мало вѣроятными, казалось, предсказанiями, основанными на вычисленiяхъ [1]).

Такимъ образомъ физическая теорiя, какъ мы ее опредѣлили, даетъ сжатое описанiе большого множества экспериментальныхъ законовъ, благопрiятствующее экономiи мышленiя.

Она классифицируетъ эти законы. Классифицируя ихъ, она дѣлаетъ примѣненiе ихъ болѣе легкимъ и увѣреннымъ. Внося въ общую совокупность ихъ извѣстный порядокъ, она придаетъ имъ вмѣстѣ съ тѣмъ извѣстную красоту.

Совершенствуясь, она прiобрѣтаетъ характеръ естественной классификацiи. Группировки, которыя она создаетъ, позволяютъ предчувствовать дѣйствительныя родственныя связи между вещами.

Этотъ характеръ естественной классификацiи проявляется прежде всего въ плодотворности теорiи, предсказывающей экспериментальные законы, никогда еще не наблюденные и содѣйствующiе ихъ открытiю.

И этого достаточно уже для того, чтобы разработка физическихъ теорiй не была признана работой праздной и безполезной, хотя бы въ этой разработкѣ и не преслѣдовалась цѣль объясненiя явленiй.

---

[1]) Oeuvres complètes d'Augustin Fresnel, t. I, стр. 236, 365, 368.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ.

Описательныя теоріи и исторія физики.

---

§ I. — Роль естественныхъ классификацій и объясненій въ развитіи физическихъ теорій.

Цѣлью физической теоріи мы считаемъ превращеніе ея въ классификацію естественную, созданіе между различными экспериментальными законами извѣстной логической связи, которая была бы какъ бы отраженнымъ изображеніемъ дѣйствительнаго порядка, характернаго для реальностей, недоступныхъ нашему воспріятію. Таково условіе плодотворности теоріи, ея способности подсказывать открытія.

Но противъ ученія, которое мы здѣсь развиваемъ, сейчасъ же возникаетъ слѣдующее возраженіе.

Если теорія должна стать естественной классификаціей, если ея задача группировать явленія такъ, какъ сгруппированы дѣйствительныя реальности, то не представляется ли самымъ вѣрнымъ методомъ для достиженія этой цѣли прежде всего изслѣдовать, каковы эти реальности? Вмѣсто того, чтобы строить логическую систему, которая въ формѣ наиболѣе сжатой, наивозможно точной воспроизводила бы экспериментальные законы въ надеждѣ, что эта логическая система въ концѣ концовъ превратится какъ бы въ отраженное изображеніе онтологическаго порядка вещей, не разумнѣе ли стремиться къ объясненію этихъ законовъ, къ тому, чтобы снять покровы со скрытыхъ отъ насъ дѣйствительныхъ вещей? И развѣ именно это не есть къ тому же путь, которымъ шли творцы науки? Не въ стремленіи ли къ объясненію физическихъ явленій народились эти плодотворныя теоріи, поразительныя предсказанія которыхъ вызываютъ наше изумленіе? Что можетъ

быть лучше, чѣмъ подражать этому примѣру и вернуться къ методамъ, осужденнымъ въ первой нашей главѣ?

Что многіе изъ геніальныхъ умовъ, которымъ мы обязаны современной физикой, строили свои теоріи въ надеждѣ дать явленіямъ природы объясненіе, что нѣкоторые полагали даже, что они добились такого объясненія, въ этомъ не можетъ быть ни малѣйшаго сомнѣнія. Но отсюда ничего еще не слѣдуетъ противъ мнѣнія нашего о физическихъ теоріяхъ, которое мы изложили выше. Фантастическія надежды могутъ дать толчекъ къ удивительнымъ открытіямъ, но отсюда еще не слѣдуетъ, чтобы эти открытія давали плоть и кровь химерамъ, давшимъ толчекъ къ ихъ нарожденію. Смѣлыя изысканія, давшія мощный толчекъ къ развитію географіи, обязаны своимъ происхожденіемъ искателямъ приключеній, искавшимъ страну, богатую золотомъ. Этого однако же далеко еще не достаточно для того, чтобы наносить Эльдорадо на наши географическія карты.

Такимъ образомъ, если кто хочетъ доказать, что отыскиваніе объясненій есть методъ, дѣйствительно плодотворный въ физикѣ, то недостаточно еще доказать, что значительное число теорій было создано мыслителями, которые стремились къ такимъ объясненіямъ. Необходимо, чтобы онъ доказалъ, что именно стремленіе къ отысканію этихъ объясненій есть та нить Аріадны, которая провела ихъ среди безпорядочной и спутанной кучи физическихъ законовъ и дала имъ возможность набросать планъ этого лабиринта.

Но такое доказательство не только невозможно, но даже поверхностнаго только изученія исторіи физики достаточно, чтобы собрать въ изобиліи аргументы, приводящіе къ выводу противоположному.

Когда приступаютъ къ анализу теоріи, созданной физикомъ, поставившимъ себѣ задачу объяснить доступныя воспріятію явленія, то сейчасъ же обыкновенно оказывается, что теорія эта состоитъ изъ двухъ частей, прекрасно различимыхъ; одна изъ нихъ есть часть чисто описательная, задача которой — классифицировать экспериментальные законы; другая есть часть объяснительная, ставящая себѣ задачу постигнуть реальную дѣйствительность, существующую позади явленій.

Но объяснительная часть вовсе не является основой части описательной. Это не сѣмя, откуда эта послѣдняя выростаетъ и не корень, которымъ питается ростъ ея. Связь, существующая между обѣими частями, почти всегда бываетъ крайне слабой и искус-

ственной. Описательная часть развивается за собственный счетъ— спеціальными и самостоятельными методами теоретической физики. Это совершенно самостоятельно развившійся организмъ, который объяснительная часть обвиваетъ, подобно паразиту.

Не этой объяснительной части, не этому паразиту теорія обязана своей силой и своей плодотворностью. Далеко нѣтъ. Все, что есть хорошаго въ теоріи, благодаря чему она является классификаціей естественной, что даетъ ей возможность предвосхищать опытъ, заключается въ описательной части; все это было открыто физикомъ, когда онъ позабывалъ искать объясненія. Все же, что есть въ теоріи худого, что оказывается въ противорѣчіи съ фактами, содержится главнымъ образомъ въ части объяснительной, куда физикъ внесъ это, руководимый своимъ желаніемъ постигнуть реальности.

Отсюда вытекаетъ слѣдующее: когда прогрессъ экспериментальной физики приводитъ къ крушенію какой-нибудь теоріи, когда онъ требуетъ внесенія въ нее тѣхъ или другихъ поправокъ или полнаго ея преобразованія, часть чисто описательная почти вся въ цѣломъ входитъ въ новую теорію, передавая ей въ наслѣдство все, что было въ старой теоріи хорошаго и цѣннаго, между тѣмъ какъ объяснительная часть отпадаетъ, чтобы уступить свое мѣсто новому объясненію.

Такъ, всякая физическая теорія передаетъ по установившейся традиціи другой теоріи, явившейся на ея мѣсто съ развитіемъ науки, ту часть естественной классификаціи, которую она сумѣла построить, какъ въ извѣстныхъ играхъ древнихъ каждый, состязавшійся въ бѣгѣ, передавалъ горящій факелъ другому, слѣдовавшему за нимъ. И эта установившаяся традиція является залогомъ вѣчной жизни и прогресса науки.

Эта непрерывность традиціи застилается въ глазахъ поверхностнаго наблюдателя непрестаннымъ крахомъ объясненій, зарождающихся лишь для того, чтобы погибнуть.

Подтвердимъ сказанное выше нѣсколькими примѣрами. Воспользуемся для этого теоріями, возникшими для объясненія преломленія свѣта. Мы пользуемся этими теоріями не потому, что онѣ особенно подходятъ для доказательства нашей мысли, а, напротивъ того, именно потому, что люди, поверхностно изучавшіе исторію физики, могли бы подумать, что теоріи эти наиболѣе важными своими успѣхами обязана отыскиванію объясненій.

Декартъ далъ теорію, описывающую явленія простого пре-

ломленія. Она образуетъ главное содержаніе обѣихъ удивительныхъ его работъ, діоптрики и метеоровъ, введеніемъ къ которымъ служитъ его статья о методѣ. На основаніи постоянной связи между синусомъ угла паденія и синусомъ угла преломленія луча въ ней просто и ясно излагаются свойства различныхъ шлифованныхъ стеколъ, какъ и снабженныхъ такими стеклами оптическихъ инструментовъ. Въ ней разбираются явленія, сопровождающія зрительное воспріятіе, и подвергаются анализу законы образованія радуги.

Кромѣ того Декартъ далъ и объясненіе явленій свѣта. Свѣтъ есть только явленіе, реальностью же является давленіе, вызванное быстрыми движеніями накаленныхъ тѣлъ, происходящими внутри весьма тонкаго вещества, проникающаго всѣ тѣла. Это тонкое вещество совершенно не упруго, такъ что давленіе, которое производитъ свѣтъ, мгновенно передается на всякое разстояніе. Какъ бы ни была удалена отъ источника свѣта какая-нибудь точка, она освѣщается въ тотъ самый моментъ, въ который онъ начинаетъ свѣтиться. Это мгновенное распространеніе свѣта есть абсолютно необходимое слѣдствіе всей системы физическихъ объясненій, созданной Декартомъ. Беекманъ не пожелалъ согласиться съ этимъ мнѣніемъ и по образцу Галилея пытался опровергнуть его при помощи—правда дѣтскихъ—опытовъ, и Декартъ писалъ ему: [1]) «Мнѣ эта теорія представляется столь несомнѣнной, что если бы—что невозможно—была доказана ошибочность ея, я готовъ былъ бы признать, что я рѣшительно ничего не понимаю въ философіи. Вы питаете столь великое довѣріе къ вашему опыту, что объявляете себя готовымъ признать всю вашу философію ложной, если нѣтъ никакого промежутка времени между моментомъ, въ который видно въ зеркалѣ движеніе фонаря, и моментомъ, въ который онъ виденъ въ рукѣ. Я же заявляю вамъ, что если бы этотъ промежутокъ времени былъ констатированъ наблюденіемъ, вся моя философія была бы поколеблена до основанія».

Страстные споры возбуждалъ вопросъ, нашелъ ли Декартъ самъ основной законъ переломленія свѣта или онъ заимствовалъ его у Snell'a, согласно навѣтамъ Гюйгенса. Вопросъ не выясненъ, но онъ насъ здѣсь и мало интересуетъ. Несомнѣнно одно, а именно, что законъ этотъ, что описательная теорія, для которой онъ слу-

---

[1]) Correspondance de Descartes, édition Paul Tannery et Ch. Adam. nº LVII, 22 août 1634, t. 1, стр. 307.

житъ основой, вовсе не обязаны своимъ происхожденіемъ объясненію свѣтовыхъ явленій, предложенному Декартомъ. Своимъ происхожденіемъ она ни малѣйшимъ образомъ не обязана картезіанской космологіи. Создали ее исключительно опытъ, индукція и обобщеніе.

Болѣе того. Никогда Декартъ не пытался установить связь между закономъ преломленія и объяснительной теоріей свѣта.

Правда, въ началѣ діоптрики онъ приводитъ по поводу этого закона нѣкоторыя механическія аналогіи, сравниваетъ измѣненіе направленія луча при переходѣ изъ воздуха въ воду съ измѣненіемъ направленія движенія—съ силой брошеннаго—шара при переходѣ этого послѣдняго изъ одной опредѣленной среды въ другую, болѣе плотную. Но эти механическія сравненія, строгая правильность которыхъ могла бы дать поводъ къ кое-какой критикѣ, скорѣе связываютъ теорію преломленія съ теоріей испусканія лучей, теоріей, въ которой свѣтовой лучъ сравнивается съ кучей маленькихъ летящихъ тѣлецъ, съ силой отбрасываемыхъ свѣтящимся тѣломъ. Это объясненіе, нашедшее во времена Декарта поддержку у Гассенди и позднѣе вновь подхваченное Ньютономъ, не имѣетъ ни малѣйшей аналогіи съ картезіанской теоріей свѣта; она даже не совмѣстима съ ней.

Такимъ образомъ, между картезіанскимъ объясненіемъ свѣтовыхъ явленій и картезіанскимъ описаніемъ различныхъ законовъ преломленія нѣтъ никакой связи, никакого проникновенія другъ другомъ, а они существуютъ только рядомъ. И въ тотъ день, когда датскій астрономъ Реммеръ на основаніи своего изученія затменія спутниковъ Юпитера доказываетъ, что свѣтъ распространяется въ пространствѣ съ конечной и измѣримой скоростью, картезіанское объясненіе свѣтовыхъ явленій рушится однимъ ударомъ. Но, терпя крушеніе, она ни въ малѣйшей степени не увлекаетъ за собой ученія, которое описываетъ и классифицируетъ законы преломленія свѣта. Эта теорія всецѣло сохраняется и до настоящаго времени образуетъ наибольшую часть нашей элементарной оптики.

Когда свѣтовой лучъ изъ воздуха попадаетъ въ нѣкоторыя кристаллическія среды, какъ, напримѣръ, исландскій шпатъ, онъ дѣлится на два различно преломленныхъ луча, изъ которыхъ одинъ, обыкновенный лучъ, слѣдуетъ закону Декарта, а другой, необыкновенный лучъ, не подчиняется этому закону. Это «удивительное и необыкновенное преломленіе раскалывающагося кристалла изъ Исландіи» открылъ и изучилъ въ 1657 году

датчанинъ Эразмъ Бертельсенъ или Бартолинусъ [1]). Гюйгенсъ пытался формулировать теорію, которая охватывала бы и законы простого преломленія, составлявшіе предметъ изученія Декарта, и законы двойного преломленія. Ему удалось это въ полной мѣрѣ. Онъ не только получилъ изъ своихъ геометрическихъ конструкцій одинъ преломленный лучъ для аморфныхъ средъ и кубическихъ кристалловъ, какъ это и должно было быть, согласно закону Декарта, и два переломленныхъ луча въ кристаллахъ не кубическихъ, но и вывелъ изъ нихъ вполнѣ тѣ законы, которымъ подчинены эти два луча. Законы эти столь сложны, что опыту, ограниченному исключительно собственными своими средствами, никогда бы не выработать ихъ, но послѣ того, какъ теорія выразила ихъ въ опредѣленной формулѣ, они самымъ точнымъ образомъ были подтверждены опытомъ.

Вывелъ ли Гюйгенсъ эту прекрасную плодотворную теорію изъ принциповъ космологіи, изъ тѣхъ «доказательствъ механики», на основѣ которыхъ, по его словамъ, «истинная философія постигаетъ причину всѣхъ естественныхъ явленій»? Никоимъ образомъ. Пустое пространство, атомы, твердость ихъ, ихъ движенія—все это не играло ни малѣйшей роли въ созданіи этого описанія. Сравненіе между распространеніемъ звука и распространеніемъ свѣта, экспериментальное установленіе того факта, что одинъ изъ двухъ преломленныхъ лучей подчиняется закону Декарта, а другой—нѣтъ, счастливая и смѣлая гипотеза о формѣ поверхности свѣтовой волны внутри кристалловъ—вотъ средства, при помощи которыхъ великій голландскій физикъ вывелъ принципы своей классификаціи.

Но Гюйгенсъ не только не вывелъ теорію двойного преломленія изъ принциповъ атомистической физики. Даже когда эта теорія была открыта, онъ не пытался связать ее со своими принципами. Онъ, правда, представляетъ себѣ, чтобы дать себѣ отчетъ въ кристаллическихъ формахъ, что двойной шпатъ и горный кристаллъ состоятъ изъ правильно наложенныхъ слоевъ сфероидальныхъ молекулъ, подготовляя такимъ образомъ воззрѣнія Haüy и Bravais. Но, развивъ это допущеніе, онъ довольствуется тѣмъ, что пишетъ [2]): «Прибавлю только, что эти маленькіе сфероиды могутъ,

[1]) Erasmus Bartholinus: Experimenta crystalli Jslandici disdiaclastici, quibus mira et insolita refractio detegitur. Havniae, 1657.

[2]) Huygens: Traité de la lumiére, ou sont expliquées les causes de ce qui luy arrive dans la réflexion et dans la réfraction, et particuliérement dans l'étrange réfraction du cristal d'Jslande. Edition W. Burckhardt, стр. 71.

пожалуй, помочь образованію допущенныхъ выше сфероидальныхъ свѣтовыхъ волнъ, такъ какъ и тѣ, и другія оріентированы одинаковымъ образомъ и имѣютъ параллельныя оси». Этой короткой фразой, въ которой онъ приписываетъ кристалламъ сотвѣтствующую форму, ограничивается все, что онъ считаетъ необходимымъ предпринять для объясненія формы поверхности свѣтовыхъ волнъ.

Такъ, и теорія его останется ненарушимой, между тѣмъ какъ различныя объясненія свѣтовыхъ явленій нарождаются одни за другими, хрупкія и недолговѣчныя, несмотря на всю вѣру въ ихъ долговѣчность со стороны ихъ творцовъ.

Благодаря вліянію Ньютона, торжествуетъ побѣду эммиссіонная теорія. Объясненіе, которое даетъ эта теорія, прямо противоположно тому, которое даетъ свѣтовымъ явленіямъ Гюйгенсъ, творецъ волнообразной теоріи свѣта. Изъ этого объясненія въ связи съ космологіей, основанной на ученіи о притяженіи, космологіей, которая находилась въ полномъ соотвѣтствіи съ принципами Босковича, но которую великій голландскій атомистъ назвалъ абсурдомъ, Лапласъ выводитъ подтвержденіе конструкцій Гюйгенса.

Лапласъ не только объясняетъ при помощи физической теоріи, основанной на ученіи о притяженіи, теорію простого и двойного преломленія, открытую физикомъ, придерживавшимся прямо противоположныхъ воззрѣній. Онъ не только выводитъ ее «изъ тѣхъ принциповъ, за которые мы обязаны благодарностью Ньютону и съ помощью которыхъ всѣ явленія движенія свѣта черезъ любое число прозрачныхъ средъ и черезъ атмосферу могутъ быть подвержены самымъ точнымъ вычисленіямъ» [1]). Болѣе того, онъ полагаетъ даже, что съ этой дедукціей возрастаетъ надежность и точность ихъ. Нѣтъ никакого сомнѣнія, что рѣшеніе проблемы двойного преломленія, которое даетъ конструкція Гюйгенса, «можно разсматривать, какъ результатъ опыта и какъ одно изъ прекраснѣйшихъ открытій этого рѣдкаго генія... Можно безъ всякихъ сомнѣній отнести эту конструкцію къ самымъ надежнымъ и прекраснымъ результатамъ физики». Но «до сихъ поръ этотъ законъ былъ только результатомъ наблюденія, близкимъ къ дѣйствительности въ предѣлахъ ошибокъ наблюденія, отъ которыхъ не свободны самые точные опыты. Теперь же онъ, благодаря простотѣ закона притяженія, отъ котораго онъ зависитъ, можетъ разсматриваться,

---

1) Laplace: Exposition du systéme du monde, 1. IV. c. XVIII.: De l'attraction *moléculaire.*

какъ строго точный законъ». Въ своемъ довѣріи къ цѣнности объясненія, которое онъ даетъ, Лапласъ заходитъ даже такъ далеко, что онъ утверждаетъ, будто только это одно объясненіе можетъ устранить невѣроятность теоріи Гюйгенса и сдѣлать ее пріемлемой для ясно мыслящихъ умовъ, ибо «законъ этотъ постигла та же судьба, что и прекрасные законы Кеплера, долгое время не встрѣчавшіе признанія потому, что были связаны съ систематическими идеями, которыми этотъ великій мыслитель, къ несчастью, наполнилъ всѣ свои сочиненія».

Въ тотъ самый моментъ, въ который Лапласъ съ такимъ презрѣніемъ осуждаетъ волнообразную теорію свѣта, теорія эта, подтвержденная изслѣдованіями Юнга и Френеля, получаетъ перевѣсъ надъ эмиссіонной теоріей. Но, благодаря изслѣдованіямъ Френеля, волнообразная теорія свѣта подверглась глубокимъ измѣненіямъ. Свѣтовое колебаніе происходитъ уже не въ направленіи луча, а перпендикулярно къ нему. Аналогія между звукомъ и свѣтомъ, которой руководился Гюйгенсъ, исчезла. Тѣмъ не менѣе и новое объясненіе все еще приводитъ физиковъ къ принятію той конструкціи лучей, преломленныхъ въ кристаллѣ, которую представлялъ себѣ Гюйгенсъ.

Болѣе того. Съ измѣненіемъ объяснительной части ученія Гюйгенса описательная ея часть обогатилась: въ ней находятъ описаніе уже не одни только законы направленія лучей, но и законы ихъ поляризаціи.

Сторонники этой теоріи имѣли теперь полную возможность отвѣтить Лапласу тѣмъ же презрительнымъ сожалѣніемъ, которое онъ раньше выразилъ по отношенію къ нимъ. Трудно читать безъ улыбки строки, которыя писалъ великій математикъ въ то самое время, когда оптика Френеля уже торжествовала побѣду [1]). «Явленія двойного преломленія и аберраціи звѣздъ придаютъ, мнѣ кажется, эмиссіонной теоріи свѣта, если не полную достовѣрность, то, по меньшей мѣрѣ, величайшую вѣроятность. Явленія эти не объяснимы при помощи допущенія волнъ въ эфироподобной жидкости. То своеобразное свойство поляризованнаго луча, что онъ при прохожденіи черезъ другой кристаллъ, параллельный первому, не дѣлится больше, съ полной очевидностью показываетъ различныя дѣйствія одного и того же кристалла на различныя стороны свѣтовой частички».

Теорія преломленія, данная Гюйгенсомъ, не обнимаетъ всѣхъ

---

[1]) Laplace: Exposition du système du monde loc. cit.

возможныхъ случаевъ. Большая группа кристаллическихъ тѣлъ, двуосные кристаллы, обнаруживаютъ явленія, которыя не могутъ быть подъ нее подведены. Поэтому, Френель и задумалъ расширить предѣлы этой теоріи такимъ образомъ, чтобы она могла охватить законы не только простого преломленія и не только законы двойного преломленія въ одноосныхъ кристаллахъ, но и законы двойного преломленія въ кристаллахъ двуосныхъ. Какъ же онъ добился своей цѣли? Искалъ ли онъ объясненія характера распространенія свѣта въ кристаллахъ? Ничуть не бывало. Онъ добился ея интуиціей математика, безъ всякой гипотезы насчетъ природы свѣта и строенія прозрачныхъ тѣлъ. Онъ замѣтилъ, что всѣ поверхности волны, которыя разсматривалъ Гюйгенсъ, простой геометрической конструкціей могутъ быть выведены изъ одной опредѣленной поверхности второго порядка. Поверхность эта оказалась шаромъ для средъ съ простымъ преломленіемъ и эллипсоидомъ вращенія для одноосныхъ двупреломляющихъ средъ. И онъ предположилъ, что, если эту конструкцію примѣнить къ эллипсоиду съ тремя не равными осями, можно получить поверхность волны, соотвѣтствующую кристалламъ двуоснымъ.

Эта смѣлая интуиція увѣнчалась самымъ блестящимъ успѣхомъ. Теорія Френеля не только оказалась въ полномъ согласіи со всѣми опредѣленіями экспериментальными, но она дала и толчекъ къ предвидѣнію и открытію фактовъ неожиданныхъ и парадоксальныхъ, отыскивать которые экспериментаторъ, предоставленный самому себѣ, никогда и не подумалъ бы. Къ такимъ фактамъ принадлежатъ, напримѣръ, оба вида конической рефракціи. Великій математикъ, Гамильтонъ вывелъ изъ формы поверхности волны двуосныхъ кристалловъ законы тѣхъ удивительныхъ явленій, которыя затѣмъ были изслѣдованы и, дѣйствительно, открыты физикомъ Ллойдомъ.

Поэтому, теорія двойного преломленія въ двуосныхъ кристаллахъ и отличается той плодотворностью, тѣмъ свойствомъ, что на основаніи ея возможны предвидѣнія будущихъ фактовъ, которыя столь характерны для естественной классификаціи. И тѣмъ не менѣе она не явилась плодомъ попытки объясненія.

Этимъ мы вовсе не хотимъ сказать, что Френель не пытался объяснить форму поверхности волны, которую онъ получилъ. Напротивъ того, онъ увлекся этой попыткой съ такой страстью, что онъ не опубликовалъ даже метода, который на самомъ дѣлѣ привелъ его къ этому открытію. Методъ этотъ сталъ извѣстенъ лишь

послѣ его смерти, когда была, наконецъ, напечатана первая статья его о двойномъ преломленіи [1]). Въ сочиненіяхъ же о двойномъ преломленіи, опубликованныхъ при его жизни, Френель безъ устали пытается при помощи гипотезъ о свойствахъ эфира снова найти тѣ законы, которые онъ открылъ; «но гипотезы эти, на которыхъ онъ строилъ свои принципы, не выдерживали болѣе или менѣе основательной критики» [2]). Теорія Френеля поразительна, когда она ограничивается ролью естественной классификаціи, но она становится непріемлемой, какъ только она претендуетъ стать объясненіемъ.

И такимъ же образомъ дѣло обстоитъ съ большинствомъ физическихъ теорій. Долговѣчна и плодотворна въ нихъ затраченная логическая работа, въ результатѣ которой получается естественная классификація большого числа законовъ выводомъ всѣхъ ихъ изъ немногихъ принциповъ. Неплодотворна и преходяща работа, затраченная на объясненіе этихъ принциповъ съ цѣлью связать ихъ при помощи допущеній съ реальностями, скрывающимися позади доступныхъ воспріятію явленій.

Часто сравнивали прогрессъ науки съ морскимъ приливомъ. Въ примѣненіи къ развитію физическихъ теорій сравненіе это намъ кажется особенно справедливымъ и можетъ быть прослѣжено до самыхъ мелкихъ деталей.

Человѣкъ, который бросаетъ лишь бѣглый взглядъ на волны, готовыя залить прибрежье, не замѣчаетъ наростанія прилива. Онъ видитъ, какъ волна поднимается, набѣгаетъ, пѣнясь, скрываетъ подъ собой узкую полоску песочной отмели и отступаетъ назадъ, снова обнаживъ территорію, которая казалась уже завоеванной. За ней набѣгаетъ другая волна; она часто заливаетъ бо́льшій участокъ земли, чѣмъ прежняя, а часто не достигаетъ и того камня, который былъ уже омоченъ первой волной. Но позади этого движенія взадъ и впередъ, которое бросается въ глаза поверхностному наблюдателю, наростаетъ движеніе другое, болѣе глубокое, болѣе медленное и поверхностнымъ наблюдателемъ незамѣченное, движеніе, постоянно наростающее въ одномъ и томъ же направленіи,— движеніе, которымъ уровень моря постепенно поднимается. Волны, набѣгающія и отступающія назадъ, представляютъ собою вѣрное

---

[1]) См. l'Introduction aux oeuvres d'Augustin Fresnel, par E. Verdet, art. 11 et 12 (Oeuvres complètes d'Augustin Fresnel, t 1, p. LXX et p. LXXVI.

[2]) E. Verdet: loc. cit., p. 84.

изображеніе тѣхъ попытокъ объясненія, которыя отцвѣтаютъ, не успѣвши расцвѣсть. Подъ ихъ прикрытіемъ совершается медленное и постоянное развитіе естественной классификаціи, приливъ которой завоевываетъ все новыя и новыя области и обезпечиваетъ за физическими теоріями непрерывность традиціи.

§ II.—Мнѣнія физиковъ о природѣ физическихъ теорій.

Одинъ изъ мыслителей, съ наибольшей живостью защищавшихъ ту мысль, что физическія теоріи должны разсматриваться только какъ обобщенныя описанія, а не какъ объясненія, именно Эрнстъ Махъ, писалъ по этому поводу слѣдующее [1]).

«Представленіе объ экономіи нашего мышленія развилось у меня съ опытомъ преподавателя, въ практикѣ преподаванія. Оно было у меня уже, когда я приступилъ къ своимъ лекціямъ въ 1861 году въ качествѣ приватъ-доцента и — что вполнѣ простительно—полагалъ тогда, что я одинъ обладаю имъ. Въ настоящее время я, напротивъ того, убѣжденъ въ томъ, что, по меньшей мѣрѣ, предчувствіе этого взгляда должно было быть общимъ достояніемъ всѣхъ ученыхъ изслѣдователей, задумывавшихся вообще надъ процессомъ изслѣдованія, какъ таковымъ».

И дѣйствительно, уже съ древнѣйшихъ временъ жили философы, которые вполнѣ правильно распознали, что физическія теоріи вовсе не суть объясненія, что гипотезы ихъ вовсе не представляютъ собой сужденія о природѣ вещей, а они суть только предположенія, изъ которыхъ могли бы быть сдѣланы выводы, согласные съ законами, экспериментально установленными.

Греки знали, собственно, одну только физическую теорію, именно, теорію движенія небесныхъ тѣлъ. Обсуждая же системы космографическія, они выразили и развили свои идеи о физической теоріи. Другія же теоріи, относимыя въ настоящее время къ физикѣ и развитыя ими до извѣстной степени совершенства, каковы теорія равновѣсія рычага и гидростатика, основывались на принципахъ, природа которыхъ не могла быть подвержена сомнѣнію. Вопросы Архимеда были, очевидно, положеніями, имѣющими своимъ источникомъ опытъ и преобразованными обобщеніемъ. Положенія эти были обобщены и классифицированы на основаніи согласія ихъ выводовъ съ фактами, но безъ всякой попытки объясненія.

---

[1]) Э. Махъ, Механика, переводъ Г. А. Котляра, стр. 413.

При оцѣнкѣ теоріи движенія небесныхъ тѣлъ греки прекрасно различали между тѣмъ, что касается физика—въ настоящее время мы сказали бы: метафизика—и тѣмъ, что касается астронома. Физикъ долженъ былъ рѣшить на основаніи доказательствъ космологіи, каковы дѣйствительныя движенія небесныхъ тѣлъ. Астроному же нечего задумываться надъ тѣмъ, дѣйствительны ли движенія, которыя онъ себѣ представляетъ, или фиктивны: его задача точно описать относительныя перемѣщенія небесныхъ тѣлъ [1]). Въ своихъ прекрасныхъ изслѣдованіяхъ космографическихъ системъ грековъ Чіапарелли освѣтилъ одно замѣчательное мѣсто, характеризующее это различеніе между астрономіей и физикой. Мѣсто это, принадлежащее Посидонію, резюмированное или цитированное Геминусомъ, было сохранено для насъ Симплиціусомъ. Вотъ это мѣсто: «Абсолютно говоря, не дѣло астрономіи знать, что въ природѣ неподвижно и что въ ней движется. Но среди гипотезъ, относящихся къ тому, что неподвижно, и къ тому, что движется, она изслѣдуетъ тѣ, которыя соотвѣтствуютъ небеснымъ явленіямъ. За принципами же нужно обратиться къ физику».

Въ этихъ идеяхъ ясно выражено чистое ученіе перипатетиковъ. Именно ихъ вліянію мы обязаны нѣкоторыми мѣстами въ сочиненіяхъ астрономовъ древности. Схоластика формально одобрила ихъ. Дѣло физики, т. е. космологіи, подробно разбираться въ явленіяхъ астрономическихъ, обращаясь къ дѣйствительнымъ ихъ причинамъ. Дѣло же астрономіи — наблюденіе явленій и изученіе тѣхъ выводовъ, которые могутъ быть сдѣланы съ помощью данныхъ математики. «Астрономія,—говоритъ Ѳома Аквинскій, комментируя физику Аристотеля,—имѣетъ заключенія, общія съ физикой. Но не будучи чистой физикой, она доказываетъ ихъ другими средствами. Такъ, физикъ доказываетъ, что земля шарообразна, на основаніи нѣкотораго физическаго метода, указывая, напримѣръ, на то, что части ея притягиваются со всѣхъ сторонъ и всѣ одинаково къ одному центру. Астрономъ же доказываетъ то же самое, исходя изъ фигуры луны во время затменій или изъ того факта, что звѣзды не во всѣхъ частяхъ земли видны одинаковымъ образомъ».

---

[1]) Мы пользуемся нѣкоторыми изъ выводовъ, вытекающихъ изъ одной очень важной статьи M. P. Mansion'a: Note sur le caractère géométrique de l'*ancienne astronomie* (*Abhandlungen zur Geschichte der Mathematik*, IX Leipzig, B. G. Teubner). См. также P. Mansion: Sur les principes fondamentaux de la géométrie de la mécanique et de l'astronomie. Paris, Gauthier—Villars, 1903.

Исходя изъ этого-то взгляда на роль астрономіи, Θома Аквинскій слѣдующимъ образомъ выражается о движеніи планетъ: въ своихъ комментаріяхъ къ сочиненію Аристотеля De coelo «Астрономы всячески старались объяснить это движеніе. Но вовсе не необходимо, чтобы допущенія, придуманныя ими, соотвѣтствовали дѣйствительности, ибо явленія, обнаруживаемыя звѣздами, можетъ быть, могутъ быть объяснены и другимъ какимъ либо родомъ движенія, людямъ еще неизвѣстнымъ. Аристотель же пользуется такими допущеніями относительно природы движенія, какъ будто бы они соотвѣтствовали дѣйствительности».

Приведемъ еще одно мѣсто изъ сочиненія его Somme théologique (1,32), гдѣ авторъ еще яснѣе отмѣчаетъ неспособность физическаго метода достичь опредѣленнаго объясненія: «есть,—говоритъ онъ,—два различныхъ способа найти основаніе какой-нибудь вещи. Первый состоитъ въ томъ, что доказывается достаточно удовлетворительнымъ образомъ извѣстный принципъ. Такъ, въ космологіи (Scientia naturalis) дается достаточное основаніе для доказательства, что движеніе неба однородно. По второму способу не приводится основаніе, доказывающее достаточнымъ образомъ какой-нибудь принципъ, а выставляется извѣстный принципъ и доказывается, что выводы изъ него согласуются съ фактами. Такъ, мы въ астрономіи пользуемся гипотезой эпицикловъ и эксцентрическихъ круговъ потому, что съ точки зрѣнія этой гипотезы явленія небесныхъ движеній, доступныя нашему наблюденію, не возбуждаютъ сомнѣній. Но это не достаточное основаніе, которое могло бы доказать правильность этой гипотезы, потому что явленія эти, можетъ быть, не возбудятъ сомнѣній и въ случаѣ другой гипотезы».

Это мнѣніе о роли и природѣ астрономическихъ гипотезъ находится въ полномъ согласіи со множествомъ мѣстъ изъ сочиненій Коперника и его комментатора Ретикуса. Въ своемъ сочиненіи «Commentariolus de hypothesibus motuum coelestium a se costitutis» Коперникъ приводитъ, какъ извѣстно, только неподвижность солнца и подвижность земли, какъ постулаты, признанія которыхъ онъ требуетъ: Si nobis aliquae petitiones... concedentur. Правда, въ нѣкоторыхъ мѣстахъ своего сочиненія De revolutionibus coelestibus libri sex онъ менѣе осторожно отзывается о реальности своихъ гипотезъ, чѣмъ ученіе заимствованное у схоластиковъ и изложенное имъ въ своей книгѣ Commentariolus.

Это послѣднее ученіе было формально провозглашено въ зна-

менитомъ введеніи, которое написалъ Осіандеръ къ сочиненію: De revolutionibus coelestibus libri sex. Осіандеръ выражается слѣдующимъ образомъ: «Neque enim necesse est eas hypotheses esse veras, imo, ne verisimiles quidem; sed sufficit hoc unum, si calculum observationibus congruentem exhibeant. [Ибо вовсе не необходимо, чтобы эти гипотезы были истинными, ни даже, чтобы онѣ были вѣроятными; достаточно одно только, если онѣ соотвѣтствуютъ вычисленіямъ, вытекающимъ изъ наблюденій.] И онъ заканчиваетъ свое введеніе слѣдующими словами: Neque quisquam, quod ad hypotheses attinet, quicquam certi ab astronomia expectet, cum nihil tale praestare queat.

Такое ученіе объ астрономическихъ гипотезахъ привело въ возмущеніе Кеплера [1]): «Никогда, говоритъ онъ въ своемъ наиболѣе раннемъ сочиненіи [2]), я не могъ согласиться съ мнѣніемъ людей, приводящихъ вамъ примѣръ какого-нибудь случайнаго доказательства, гдѣ изъ ложныхъ предпосылокъ правильный силлогизмъ ведетъ къ какому-нибудь правильному заключенію, и старающихся, ссылаясь на этотъ примѣръ, доказать, что допущенныя Коперникомъ гипотезы могли быть ложны и тѣмъ не менѣе изъ нихъ могли слѣдовать истинныя φαινόμενα, какъ изъ собственныхъ своихъ принциповъ... Я не задумаюсь заявить, что все то, что Коперникъ обобщилъ a posteriori и подтвердилъ наблюденіемъ, могло бы быть безъ особаго труда доказано при помощи геометрическихъ аксіомъ и a priori и доказано съ такимъ даже совершенствомъ, что, живи Аристотель, онъ съ радостью согласился бы съ этимъ».

Это довѣріе—полное энтузіазма и нѣсколько наивное—къ без-

---

1) Въ 1597 году Николай Раймарусъ Урсусъ обнародовалъ въ Прагѣ сочиненіе подъ заглавіемъ: De hipothesibus astronomicis, въ которомъ онъ поддерживалъ мнѣнія Осіандера, преувеличивъ ихъ. Года три спустя, въ 1600 или 1601 г., Кеплеръ отвѣтилъ на это слѣдующимъ сочиненіемъ: Ioannis Kepleri apologia Tychonis contra Nicolaum Raymarum Ursum. Сочиненіе это осталось въ рукописи и весьма незаконченнымъ и было обнародовано только въ 1858 г. Фришемъ (Ioannis Kepleri astronomi Opera omnia, t. I, стр. 215, Francfort sur-le-Mein et Erlangen). Въ этомъ сочиненіи мы находимъ живыя возраженія противъ мыслей Осіандера.

2) Prodromus dissertationum cosmographicarum, continens mysterium cosmographicum... a M. Ioanne Keplero Wirtembergio, Tubingae Georgius Gruppenbachius, MDXCVI;—Ioannis Kepleri astronomi Opera omnia, t. I, стр. 112—153.

граничному могуществу физическаго метода слабѣетъ у великихъ изслѣдователей XVII вѣка. Галилей прекрасно различаетъ между точкой зрѣнія астрономіи, гипотезы которыхъ никакого другого подтвержденія не могутъ имѣть, кромѣ согласія своего съ опытомъ, и точкой зрѣнія философіи природы, постигающей реальности. Онъ утверждаетъ, что, когда онъ говоритъ о движеніи земли, онъ говоритъ только, какъ астрономъ, и вовсе не выдаетъ свои допущенія за истины. Но эти различенія его являются у него ничѣмъ инымъ, какъ лишь увerткой, чтобы укрыться отъ цензуры церкви. Судьи его не видѣли въ нихъ искреннихъ мнѣній ученаго, и они были бы слишкомъ мало проницательны, если бы они не замѣтили этой неискренности. Если бы они полагали, что Галилей, дѣйствительно, говорилъ, какъ астрономъ, а не какъ натуръ-философъ, какъ физикъ, какъ они выражались, если бы они усматривали въ его теоріяхъ лишь систему, описывающую движенія небесныхъ тѣлъ, а не ученіе о дѣйствительной природѣ астрономическихъ явленій, они не подвергали бы его идей цензурѣ. Въ этомъ убѣждаетъ насъ письмо главнаго противника Галилея, кардинала Беллармина, отъ 12 апрѣля 1615 года къ Фоскарини [1]). Онъ писалъ въ немъ: «Ваше Преподобіе и господинъ Галилей поступятъ благоразумно, если они ограничатся тѣмъ, что будутъ говорить ex suppositione, а не абсолютно, какъ это всегда дѣлалъ, мнѣ кажется, Коперникъ. Въ дѣйствительности очень хорошо поступаетъ тотъ, кто говоритъ, что, предполагая землю подвижной, а солнце неподвижнымъ, мы гораздо лучше отдаемъ себѣ отчетъ во всѣхъ явленіяхъ, чѣмъ это можно было бы сдѣлать при помощи эксцентрическихъ круговъ и эпицикловъ. Это не представляетъ ни малѣйшей опасности и вполнѣ достаточно для математика». Въ этой цитатѣ Беллярминъ удерживаетъ обычное у схоластиковъ различеніе между методомъ физическимъ и метафизическимъ—различеніе, которое для Галилея, правда, было одной лишь уверткой.

Но наибольшая заслуга въ дѣлѣ разрушенія стѣны между физическимъ методомъ и методомъ метафизическимъ и сліянія ихъ областей, которыя философія перипатетиковъ строго раздѣляла, принадлежитъ, безъ сомнѣнія, Декарту.

Методъ Декарта подвергаетъ сомнѣнію принципы всѣхъ нашихъ познаній, и онъ не отказывается отъ этого методическаго сомнѣнія до того момента, пока ему не удается доказать правильность ихъ

1) Grisar, Galilei —Studien, Beilage IX. Regensburg, 1882.

при помощи длинной цѣпи дедукцій, началомъ которыхъ служитъ его знаменитое Cogito, ergo sum. Нѣтъ ничего болѣе противоположнаго, чѣмъ подобный методъ и концепція перипатетиковъ, согласно которой такая наука, какъ физика, покоится на принципахъ, очевидныхъ сами по себѣ—принципахъ, отношеніе къ которымъ со стороны метафизики можетъ быть одно: она можетъ изслѣдовать ихъ природу, но никоимъ образомъ не можетъ усилить достовѣрность ихъ.

Первое физическое положеніе, которое выставляетъ Декартъ, слѣдуя своему методу [1]), формулируетъ и выясняетъ истинную сущность матеріи: «Природа тѣлъ состоитъ только въ томъ, что она представляетъ собою субстанцію, протяженную въ длину, ширину и глубину». Разъ такимъ образомъ установлена сущность матеріи, можно чисто геометрическими разсужденіями вывести изъ нея объясненіе всѣхъ явленій природы. «Я не допускаю принциповъ въ физикѣ—говоритъ Декартъ, резюмируя методъ, которому онъ желаетъ слѣдовать при изученіи этой науки,—которые не были бы допустимы и въ математикѣ, чтобы подтвердить доказательствами все, что я вывелъ, и этихъ принциповъ достаточно, чтобы при ихъ помощи объяснить всѣ явленія природы».

Смѣлая формула картезіанской космологіи гласитъ: человѣкъ знаетъ самую сущность матеріи, которая есть протяженность; онъ можетъ отсюда чисто логическимъ путемъ вывести всѣ свойства матеріи; различіе между физикой, изучающей явленія и ихъ законы, и метафизикой, пытающейся распознать сущность матеріи, по сколько она есть причина явленій и основаніе существованія законовъ, тѣмъ самымъ рушится; разумъ не исходитъ изъ знанія явленій, чтобы придти къ знанію матеріи, а онъ знаетъ сначала самую природу матеріи и выводитъ отсюда объясненіе явленій.

Этотъ многозначительный принципъ Декартъ развиваетъ до послѣднихъ, логически изъ него вытекающихъ, послѣдствій. Онъ не довольствуется утвержденіемъ, что объясненіе всѣхъ явленій природы можетъ быть всецѣло выведено исключительно изъ положенія: «сущность матеріи есть протяженность», а онъ пытается развить это объясненіе до мельчайшихъ деталей. Онъ старается, исходя изъ этого опредѣленія, построить міръ при помощи двухъ данныхъ: фигуры и движенія. И когда его работа закончена, онъ останавливается передъ ней и заявляетъ, что здѣсь ничего болѣе не хва-

---

[1]) Descartes. Principia Philosophiae, pars. IIIa, 4.

таетъ: «Нѣтъ явленія въ природѣ, которое не содержалось бы въ томъ, что было объяснено въ этой работѣ»—такъ гласитъ заглавіе одного изъ послѣднихъ параграфовъ [1]) его «принциповъ философіи».

При всемъ томъ Декартъ испугался, повидимому, на одинъ моментъ смѣлости своего космологическаго ученія и попытался сблизить его съ ученіемъ перипатетиковъ. Это явствуетъ изъ одной цитаты [2]) изъ его «Принциповъ». Приведемъ всю эту цитату, такъ какъ она близко касается вопросовъ, которые насъ здѣсь занимаютъ:

«Намъ возразятъ, можетъ быть, еще слѣдующее. Я представилъ себѣ причины, которыя могли вызвать явленія, сходныя съ явленіями видимаго міра. Тѣмъ не менѣе отсюда не слѣдуетъ дѣлать того заключенія, что эти явленія на самомъ дѣлѣ были вызваны именно этими причинами. Искуссный часовыхъ дѣлъ мастеръ можетъ изготовить двѣ пары часовъ, которые одинаковымъ образомъ показывали бы часы и между которыми съ внѣшней стороны не было бы ни малѣйшей разницы, но которые не имѣли бы ничего сходнаго во внутреннемъ строеніи и сочетаніи колесъ. Такъ и Всевышній имѣетъ безконечное множество различныхъ средствъ, при помощи которыхъ Онъ могъ бы сдѣлать, чтобы всѣ вещи этого міра казались намъ такими, какими онѣ теперь намъ кажутся, и сдѣлать это такъ, чтобы уму человѣческому не доступно было знать, какимъ изъ этихъ различныхъ средствъ Ему угодно было на самомъ дѣлѣ воспользоваться. Но съ этимъ возраженіемъ мнѣ совсѣмъ не трудно согласиться. Для меня было бы достаточно, если бы причины, которыя я вообразилъ себѣ, дѣйствительно были таковы, что всѣ явленія, къ которымъ онѣ могли-бы привести, были бы сходны съ тѣми, которыя мы видимъ въ мірѣ. Для меня было бы тогда безразлично, вызваны ли эти явленія видимаго нами міра, дѣйствительно, тѣми причинами или какими-либо другими. Но достаточно полезно, мнѣ кажется, для жизни знать и воображаемыя причины, разъ это приводитъ къ тѣмъ же результатамъ, какъ если бы мы знали истинныя причины. Ибо и медицина и механика, какъ и всѣ вообще искусства, для которыхъ необходимо знаніе физики, имѣютъ одну только цѣль: примѣнить одни доступныя воспріятію тѣла къ другимъ, чтобы на основаніи естественныхъ причинъ вызвать опредѣленное явленіе чувственнаго міра. Этого же можно до-

---

[1]) Descartes. Principia Philosophiae, pars. IVa, 199.

[2]) Descartes. Ibid, pars. IVa, 204.

стичь одинаково хорошо, исходя изъ причинъ, хотя бы и ложныхъ, но такъ представленныхъ, что вытекающія изъ нихъ послѣдствія сходны съ явленіями видимаго міра. И чтобы никто не могъ вообразить, будто Аристотель претендовалъ на большее, онъ самъ говоритъ въ началѣ VII-ой главы первой книги Mèteores слѣдующее: «Что касается вопроса о томъ, каковы тѣ вещи, которыя не даны нашимъ чувствамъ, то онъ полагаетъ, что сдѣлалъ достаточно, если показалъ только, что онѣ могутъ быть такими, какими онъ ихъ представилъ».

Но уступка этого рода идеямъ школы находится, очевидно, въ полномъ противорѣчіи съ методомъ самого Декарта. И здѣсь передъ нами одна изъ уловокъ противъ цензуры святой инквизиціи, къ которой прибѣгалъ великій философъ, чрезвычайно взволнованный, какъ извѣстно, осужденіемъ Галилея. Въ концѣ концовъ Декартъ самъ испугался, повидимому, какъ бы не приняли слишкомъ въ серьезъ его благоразумную осторожность, потому что за этимъ параграфомъ слѣдуютъ два другихъ, озаглавленныхъ слѣдующимъ образомъ: „Мы имѣемъ, по крайней мѣрѣ, моральную увѣренность въ томъ, что всѣ вещи этого міра таковы, какими, согласно нашимъ допущеніямъ, онѣ могутъ быть; и мы имѣемъ даже болѣе, чѣмъ моральную увѣренность въ этомъ".

И дѣйствительно, слова «моральная увѣренность» не достаточны для того, чтобы выразить то безграничное довѣріе, которое питалъ Декартъ къ своему методу. Онъ не только вѣрилъ въ то, что онъ далъ удовлетворительное объясненіе всѣхъ явленій природы, но онъ полагалъ также, что это объясненіе есть единственно возможное и что онъ можетъ доказать его математически. «Что касается физики, писалъ онъ 11 марта 1640 года Мерсенну [1]), то я считалъ бы, что я не знаю ничего о ней, если бы я могъ только сказать, какъ вещи могутъ быть, не доказавъ, что онѣ не могутъ быть иными. Такъ какъ я все свелъ къ законамъ математики, то и это возможно, я полагаю, сдѣлать по отношенію ко всему, что я знаю, хотя я этого и не сдѣлалъ въ моихъ Essais, въ которыхъ я не пожелалъ развить своихъ принциповъ, да и до сихъ поръ не видѣлъ повода, который побудилъ бы меня это сдѣлать въ будущемъ».

Эта гордая увѣренность въ безграничномъ могуществѣ метафизическаго метода могла бы только вызвать презрительную улыбку

[1]) Descartes: Oeuvres, édition P. Tannery et Ch. Adam. Correspondance, t. III, стр. 39.

на губахъ Паскаля. Если даже допустить, что матерія есть ничто иное, какъ протяженность въ длину, ширину и глубину, какое безуміе выводить изъ этого допущенія детальное объясненіе міра! «Въ общемъ и цѣломъ можно только сказать: это дѣлается черезъ форму и движеніе, ибо это истинно. Но сказать, какъ это происходитъ, и строить міроздaніе было бы смѣшно, ибо это безполезно, недостовѣрно и трудно» [1]).

Знаменитый соперникъ Паскаля, Христіанъ Гюйгенсъ, не обнаруживаетъ той же строгости по отношенію къ методу, претендующему вывести изъ космологическихъ принциповъ объясненіе явленій природы. Нѣтъ сомнѣнія, что объясненія Декарта ему кажутся неосновательными во многихъ пунктахъ, но это потому, что космологія его, которая сводитъ матерію къ протяженности, не есть здравая философія природы. Такой философіей является физика атомистовъ. Вотъ изъ нея, можно надѣяться, удастся вывести, правда, съ большими трудностями, объясненіе явленій природы.

«Ни одинъ изъ предшественниковъ Декарта [2]) не позналъ лучше его то, что ничего полезнаго нельзя понять въ физикѣ, кромѣ того, что можно свести къ принципамъ, которые не выходятъ за предѣлы нашего разума. Таковы принципы, которые зависятъ отъ тѣлъ, разсматриваемыхъ безъ ихъ качествъ, и движеній этихъ тѣлъ. Но величайшая трудность заключается въ томъ, чтобы показать, какимъ образомъ такое множество различныхъ вещей обязано своимъ происхожденіемъ этимъ немногимъ принципамъ. Неудивительно, поэтому, что въ нѣкоторыхъ спеціальныхъ вопросахъ, которые онъ предлагалъ изслѣдовать, его попытки не увѣнчались успѣхомъ. Къ этимъ вопросамъ принадлежитъ, по моему мнѣнію, проблема тяжести. Объ этомъ нетрудно будетъ судить по нѣкоторымъ моимъ замѣчаніямъ о томъ, что онъ писалъ по этому поводу. Къ нимъ я могъ бы прибавить еще нѣкоторыя. При всемъ томъ я долженъ сознаться, что его попытки и воззрѣнія, хотя и ложныя, все же проложили мнѣ путь къ тому, что я самъ нашелъ въ этомъ дѣлѣ».

«Я не говорю, что все сказанное мною свободно отъ всякихъ сомнѣній или возраженій. Слишкомъ трудно идти такъ далеко въ изслѣдованіяхъ этого рода. При всемъ томъ я думаю, что, если

---

[1]) Pascal: Pensées, édition Havet, art. 24. Этой мысли предшествуютъ слѣдующія слова: «Написано противъ тѣхъ, которые слишкомъ углубляютъ науку: Декартъ»

[2]) Christian Huygens. Discours de la cause de la Pesanteur. Leyde, 1690.

основная моя гипотеза не вѣрна, то остается мало надежды, что ее удастся найти въ предѣлахъ истинной и здравой философіи».

Не успѣлъ еще Гюйгенсъ напечатать свою работу Discours de la cause de la Pesanteur послѣ того, какъ онъ сдѣлалъ о ней сообщеніе въ Академіи Наукъ въ Парижѣ, какъ появилось безсмертное сочиненіе Ньютона Philosophiae naturalis principia mathematica. Это сочиненіе, преобразовавшее механику неба, открыло путь воззрѣніямъ на сущность физическихъ теорій, прямо противоположнымъ—воззрѣніямъ Декарта и Гюйгенса.

Ньютонъ съ полной ясностью высказываетъ во многихъ мѣстахъ своего сочиненія свой взглядъ на конструкцію физическихъ теорій.

Внимательное изученіе явленій и ихъ законовъ даетъ возможность физику открыть при помощи характернаго для него индуктивнаго метода нѣсколько принциповъ, весьма общихъ, откуда могутъ быть выведены всѣ экспериментальные законы; такъ всѣ небесныя явленія обобщены въ принципѣ всемірнаго тяготѣнія.

Такое обобщенное описаніе не есть объясненіе. Благодаря принципу взаимнаго притяженія, которое механика неба принимаетъ между двумя любыми частями матеріи, мы можемъ подвергнуть всѣ небесныя движенія вычисленіямъ, но этимъ ничуть не вскрывается еще дѣйствительная причина этого притяженія. Должны ли мы въ этомъ усматривать основное свойство матеріи, ни къ чему иному не сводимое болѣе? Слѣдуетъ ли разсматривать его, какъ это и дѣлалъ Ньютонъ въ нѣкоторые періоды своей жизни, какъ результатъ толчковъ, вызванныхъ нѣкоторымъ эфиромъ? Трудные вопросы, рѣшеніе которыхъ сможетъ быть получено развѣ лишь въ будущемъ. Во всякомъ случаѣ изслѣдованіе этихъ вопросовъ есть дѣло философа, но не физика. Каковъ бы ни былъ результатъ, созданная физикомъ описательная теорія сохранитъ вполнѣ всю свою цѣнность.

Приведемъ еще ученіе, которое въ краткихъ словахъ сформулировано въ Scholium generale, заключеніи его книги «Принципы естественной философіи».

«До сихъ поръ я при помощи силы тяжести, описалъ явленія, небесныя и наблюдаемыя въ нашихъ моряхъ, но я не указалъ еще причины этой тяжести. Нѣтъ сомнѣнія, что сила эта исходитъ изъ причины, проникающей до центра солнца и планетъ, не ослабляясь. Она пропорціональна не поверхности твердыхъ частичекъ, на которыя она дѣйствуетъ, какъ это обыкновенно бы-

ваетъ съ механическими причинами, а ихъ объему. Дѣйствія ея распространяются по всѣмъ направленіямъ на огромныя разстоянія, убывая обратно пропорціонально квадрату разстоянія. Тяготѣніе къ солнцу слагается изъ различныхъ силъ тяготѣнія, исходящихъ изъ отдѣльныхъ небольшихъ частичекъ солнца, а съ удаленіемъ отъ солнца до орбиты Сатурна, (какъ это явствуетъ изъ неизмѣнности афелій планетъ и до крайнихъ афелій кометъ, если эти афеліи вообще неизмѣнны) она убываетъ обратно пропорціонально квадрату разстоянія. Но до сихъ поръ мнѣ не удалось вывести изъ явленій причину этихъ свойствъ тяготѣнія, а гипотезъ я не строю. Ибо все то, что не можетъ быть выведено изъ явленій, должно быть названо гипотезой. Гипотезамъ — будь то метафизическія или физическія гипотезы, прибѣгаютъ ли онѣ къ помощи причинъ скрытыхъ или механическихъ — нѣтъ мѣста въ философіи экспериментальной. Въ этой философіи положенія выведены изъ явленій и обобщены индукціей. Именно такимъ образомъ были изучены непроницаемость, подвижность, живая сила тѣлъ, какъ и законы движеній и тяготѣнія. И достаточно то, что это тяготѣніе на самомъ дѣлѣ существуетъ, дѣйствуетъ, согласно изложеннымъ нами законамъ, и достаточно для объясненія всѣхъ движеній небесныхъ тѣлъ и нашего моря».

Гораздо позже въ знаменитомъ XXXI вопросѣ, которымъ заканчивается второе изданіе его «Оптики», Ньютонъ снова высказываетъ съ величайшей опредѣленностью свое мнѣніе о физическихъ теоріяхъ. Онъ провозглашаетъ цѣлью ихъ экономическое обобщеніе экспериментальныхъ законовъ. «Объяснять каждое свойство вещей спеціальнымъ скрытымъ качествомъ, которымъ порождаются, создаются, доступныя нашему воспріятію, явленія, значитъ не объяснять ничего. Но вывести изъ явленій 2—3 общихъ принципа движенія и объяснять сейчасъ всѣ свойства и всѣ дѣйствія тѣлъ при помощи этихъ ясныхъ принциповъ представляетъ собою крупный шагъ впередъ въ философіи, если бы даже причины этихъ принциповъ не были открыты. Вотъ почему я не медлю провозгласить принципы движенія, оставивъ совершенно въ сторонѣ изслѣдованіе ихъ причинъ».

Люди, раздѣлявшіе высокомѣрную увѣренность картезіанцевъ или атомистовъ, не могли потерпѣть, чтобы притязаніямъ теоретической физики были поставлены столь скромные предѣлы. Ограничиваться математическимъ описаніемъ явленій значило, по ихъ мнѣнію, не подвинуться ни на шагъ въ познаніи природы. Тѣ,

которые довольствовались столь ничтожнымъ успѣхомъ, не заслуживали ничего, кромѣ сарказма.

«Прежде чѣмъ пользоваться выставленными принципами, говоритъ одинъ картезіанецъ [1]), не будетъ не умѣстно, мнѣ кажется, подвергнуть изслѣдованію принципы, которые положилъ въ основу своей системы господинъ Ньютонъ. Этотъ новый философъ, прославившійся уже своими рѣдкими познаніями, обнаруженными имъ въ геометріи, съ трудомъ мирился съ тѣмъ фактомъ, что чуждая ему нація овладѣла областью, въ которой она можетъ учить другія и служить имъ образцомъ. Вдохновившись благороднымъ соревнованіемъ и опираясь на превосходство своего генія, онъ думалъ только о томъ, какъ бы освободить свое отечество отъ необходимости заимствовать у насъ искусство освѣщать процессы природы и прослѣживать ее въ ея дѣйствіяхъ. Но этого было для него недостаточно. Врагъ всякаго принужденія и чувствуя, что физика безпрестанно будетъ стѣснять его, онъ изгналъ ее изъ своей философіи; опасаясь, однако, что онъ будетъ кое-когда вынужденъ прибѣгать къ ея помощи, онъ постарался возвести въ первоначальные законы внутреннія причины каждаго частнаго явленія. Этимъ всякое затрудненіе было устранено. Работа его касалась лишь предметовъ, легко поддающихся изученію, которые онъ и сумѣлъ подвести подъ свои вычисленія. Явленіе, подверженное математическому анализу, становилось для него явленіемъ объясненнымъ. Такъ, этотъ знаменитый соперникъ господина Декарта скоро добился рѣдкаго удовлетворенія: удостоиться названія великаго философа исключительно на томъ основаніи, что онъ былъ великимъ математикомъ».

«...Возращаясь къ тому, что я говорилъ уже выше, я дѣлаю изъ сказаннаго тотъ выводъ, что ничего нѣтъ легче, какъ вывести механизмъ природы, слѣдуя методу этого великаго математика. Нужно вамъ указать причину какого-нибудь сложнаго явленія? Изложите его математически и вы сдѣлали все; то, что останется еще для физика, навѣрное окажется въ зависимости отъ какого-нибудь первоначальнаго закона или какого-нибудь спеціальнаго опредѣленія».

Впрочемъ, не всѣ ученики Ньютона соблюдали эту разумную осторожность своего учителя. Для нѣкоторыхъ изъ нихъ границы,

[1]) De Gamaches: Principes généraux de la Nature appliqués au mécanisme astronomique et comparés aux principes de la Philosophie de M. Newton. Paris, 1740, стр. 67.

поставленныя имъ его методомъ въ физикѣ, оказались слишкомъ тѣсными. Преступивъ эти границы, они, какъ метафизики, утверждали, что взаимное притяженіе есть дѣйствительное и основное свойство матеріи и что явленіе, сведенное къ этому притяженію, есть на самомъ дѣлѣ явленіе объясненное. Это мнѣніе мы находимъ и у Roger'a Cotes'a въ его знаменитомъ введеніи, которое онъ предпослалъ второму изданію «Принциповъ» Ньютона. Таковъ же былъ характеръ ученія, развитаго Босковичемъ и оказавшаго немалое вліяніе на метафизику Лейбница.

При всемъ томъ многіе, не менѣе знаменитые ученые продолжали дѣло Ньютона, придерживаясь метода, столь прекрасно изложеннаго ихъ знаменитымъ предшественникомъ.

Лапласъ выражаетъ полное свое довѣріе принципу притяженія. Это, однако, не слѣпое довѣріе. Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ своей Exposition du systéme du monde онъ намекаетъ, что это всеобщее притяженіе, объединяющее въ формѣ тяготѣнія или молекулярнаго притяженія всѣ явленія природы, не является, можетъ быть, послѣднимъ объясненіемъ, что оно само можетъ зависѣть отъ причины еще болѣе глубокой. Правда, Лапласъ переноситъ эту причину, повидимому, въ область, недоступную познанію. Во всякомъ случаѣ онъ вмѣстѣ съ Ньютономъ признаетъ, что отыскиваніе этой причины, если она вообще можетъ быть найдена, есть совершенно самостоятельная проблема, независимая отъ той, рѣшеніемъ которой занимаются теоріи астрономическія и физическія. «Есть ли этотъ принципъ, говоритъ онъ [1]), основной законъ природы? Не есть ли онъ общій результатъ нѣкоторой неизвѣстной причины? Вотъ здѣсь незнакомство наше съ самыми внутренними свойствами матеріи преграждаетъ намъ путь и лишаетъ насъ всякой надежды на то, что мы найдемъ удовлетворительный отвѣтъ на эти вопросы».—Что представляетъ собою, говоритъ онъ въ другомъ мѣстѣ [2]), принципъ всемірнаго тяготѣнія? Есть ли онъ основной законъ природы или лишь общее дѣйствіе нѣкоторой неизвѣстной намъ причины? Нельзя ли свести къ этому принципу прицинъ химическаго сродства? Ньютонъ, болѣе осторожный, чѣмъ его ученики, поостерегся высказать свое мнѣніе по этимъ вопросамъ, на которые, въ виду незнакомства нашего со свойствами матеріи, удовлетворительный отвѣтъ данъ быть не можетъ».

Амперъ, болѣе глубокій философъ, чѣмъ Лапласъ, съ полной

1) Laplace: Exposition du systéme du monde. 1. IV, c. XVII.

2) Jdem: Jbid., I. V, c. v.

ясностью видитъ, въ какой мѣрѣ полезно разсматривать физическую теорію внѣ всякой зависимости отъ того или другого матафизическаго объясненія: этимъ она оказывается внѣ сферы борьбы, раздѣляющей различныя космологическія школы, и въ то же время она становится пріемлемой для мыслителей, придерживающихся философскихъ мнѣній, не примиримыхъ между собою. Въ то же время этимъ вовсе не тормозятся изслѣдованія тѣхъ, которые претендуютъ дать объясненіе явленіямъ, а, напротивъ того, работа ихъ даже облегчается: безчисленное множество законовъ, установленныхъ опытнымъ путемъ и подлежащихъ объясненію, сгущается въ небольшое число весьма общихъ положеній, и тогда достаточно дать объясненіе этимъ немногимъ положеніямъ, чтобы это необъятное множество опытныхъ законовъ не заключало въ себѣ ничего таинственнаго и необъяснимаго.

«Формулы [1]) столь непосредственно выведены изъ нѣкоторыхъ общихъ фактовъ, представляющихъ результатъ достаточнаго числа наблюденій, что онѣ не могутъ быть подвержены сомнѣнію, и главное преимущество ихъ заключается въ томъ, что онѣ остаются совершенно независимыми, какъ отъ тѣхъ гипотезъ, которыми пользовались ихъ авторы при установленіи этихъ формулъ, такъ и отъ тѣхъ, которыя могутъ быть связаны съ ними впослѣдствіи. Выраженіе для всемірнаго тяготѣнія, выведенное изъ законовъ Кеплера, не зависитъ совершенно отъ гипотезъ о механической причинѣ, которую хотѣли приписать этому явленію тяготѣнія нѣкоторые авторы. Теорія теплоты дѣйствительно основана на общихъ фактахъ, непосредственно данныхъ наблюденіемъ. Уравненіе, выведенное изъ этихъ фактовъ, подтверждается согласіемъ вытекающихъ изъ него послѣдствій съ разультатами, данными опытомъ. Поэтому, она должна быть принята, какъ выраженіе дѣйствительныхъ законовъ распространенія теплоты въ одинаковой мѣрѣ какъ тѣми, которые приписываютъ эту послѣднюю излученію образующихъ теплоту молекулъ, такъ и тѣми, которые для объясненія того же явленія прибѣгаютъ къ гипотезѣ колебаній распространенной въ пространствѣ особаго рода жидкости. Разница только та, что первые должны показать, какъ уравненіе, о которомъ идетъ рѣчь, вытекаетъ изъ ихъ воззрѣній, а вторые должны выводить его изъ общихъ формулъ колебательныхъ движеній. Они должны это дѣ-

---

[1]) André—Marie Ampère; Theorie mathematique des phénoménes electrodynamiques, uniquement déduite de l'expérience. Edit. Hermann, стр. 3.

лать не для того, чтобы усилить правдоподобность этого уравненія, а для того, чтобы имѣть возможность удержать собственныя относящіяся сюда гипотезы. Физикъ же, который въ этомъ отношеніи не становится на сторону ни тѣхъ, ни другихъ, видитъ въ этомъ уравненіи лишь точное описаніе фактовъ, не интересуясь тѣмъ, въ какой мѣрѣ *оно может быть выведено изъ того или другого* изъ объясненій, о которыхъ мы говорили».

Въ отношеніи теоріи теплоты точку зрѣнія Ампера раздѣляетъ и Фурье. Во введеніи къ своему безсмертному сочиненію [1]) онъ выражается по этому вопросу слѣдующимъ образомъ:

«Первопричины намъ неизвѣстны, но онѣ подчинены простымъ и постояннымъ законамъ, которые можно открыть наблюденіемъ и изученіе которыхъ есть дѣло философіи природы».

«Подобно тяжести, теплота проникаетъ всѣ вещества въ мірѣ; лучами ея полны всѣ части пространства. Задача настоящаго сочиненія изложить математическіе законы, которымъ подчиненъ этотъ элементъ. Эта теорія образуетъ съ этихъ поръ одну изъ наболѣе важныхъ отраслей всей физики».

«... Подобно принципамъ механики, принципы этой теоріи выведены изъ весьма небольшого числа основныхъ фактовъ, о причинѣ которыхъ математики не спрашиваютъ, разсматривая ихъ, какъ результаты обыкновенныхъ наблюденій, находящіе свое подтвержденіе во всѣхъ данныхъ опыта».

Подобно Амперу и Фурье, Френель тоже не считаетъ задачей теоріи метафизическое объясненіе доступныхъ воспріятію явленій. Онъ видитъ въ ней могущественное средство для новыхъ открытій, потому что она есть обобщенное и классифицированное описаніе нашихъ экспериментальныхъ познаній: «Небезполезно, говоритъ онъ [2]), объединять факты одной и той же точкой зрѣнія, связавъ ихъ небольшимъ числомъ общихъ принциповъ. Это—средство наиболѣе легко осваиваться съ законами; попытки этого рода въ такой же мѣрѣ, мнѣ кажется, могутъ содѣйствовать прогрессу науки, какъ и сами наблюденія».

Быстрое развитіе термодинамики въ серединѣ XIX столѣтія вновь вернуло популярность допущеніямъ о природѣ теплоты, впервые формулированнымъ Декартомъ. Картезіанскіе и атомистическіе взгляды вновь какъ будто сдѣлались жизнеспособными и

---

[1]) *Fourier; Theorie analytique de la chaleur. Edit. Darboux*, стр. XV и стр. XXI.

[2]) A. Fresnel: Oeuvres complétes, t. I стр. 480.

надежда, что удастся построить объясняющія физическія теоріи, возродилась въ душѣ не одного физика.

Но нѣкоторые изъ творцовъ новаго ученія и немаловажные не дали себя отуманить этой надеждѣ. Среди нихъ слѣдуетъ отвести первое мѣсто Роберту Майеру. «Что такое теплота, что такое электричество и т. д. по внутренней природѣ своей, писалъ Робертъ Майеръ Гризингеру [1]), я не знаю, какъ я не знаю внутренней природы какой нибудь матеріи или какой нибудь вещи вообще».

Первыя работы Макорна Ранкина, содѣйствовавшія развитію механической теоріи теплоты, представляли собою попытки объясненія. Но вскорѣ идеи его эволюціонировали, и въ небольшомъ сочиненіи [2]), слишкомъ мало извѣстномъ, онъ съ поразительной ясностью охарактеризовалъ различія, существующія между теоріей описательной — названной имъ абстрактной теоріей — и теоріей объяснительной — названной имъ гипотетической теоріей.

Приведемъ нѣсколько мѣстъ изъ этого сочиненія.

«Въ процессѣ развитія нашего знанія физическихъ законовъ необходимо различать два періода, существенно между собою различныхъ. Въ теченіе перваго періода мы наблюдаемъ отношенія, существующія между явленіями, какъ тѣми, которыя даны намъ безъ всякаго нашего содѣйствія въ природѣ, такъ и тѣми, которыя мы создаемъ искусственно въ нашихъ опытахъ; затѣмъ наблюденныя такимъ образомъ отношенія мы формулируемъ въ положенія, носящія названія формальныхъ законовъ. Во время второго періода мы эти формальные законы, обнимающіе цѣлый классъ явленій, подводимъ подъ форму науки; иначе говоря, мы открываемъ наиболѣе простую систему принциповъ, изъ которой всѣ формальные законы этого класса явленій могутъ быть выведены, какъ ея послѣдствія».

«Вотъ такая система принциповъ образуетъ въ совокупности съ логически сдѣланными изъ нихъ выводами физическую теорію цѣлаго класса явленій».

«Можно различать два метода построенія физической теоріи.

---

[1]) Robert Mayer: Kleinere Schriften und Briefe, стр. 181 Stuttgart 1893.

[2]) J. Macquorn Rankine: Outlines of the Science of Energetics, докладъ, прочитанный въ философскомъ обществѣ въ Глазго 2 Мая 1855 года и напечатанный въ журналъ этого общества Proceedings. Vol. III № 4 См. также: Rankine, Miscellaneous scientific Papers, стр. 209.

Существенное различіе между ними сводится къ способу опредѣлять различные классы явленій. Методы эти могутъ быть названы методомъ абстрактнымъ и методомъ гипотетическимъ».

«Согласно абстрактному методу, опредѣленіе класса объектовъ или явленій происходитъ черезъ описаніе; другими словами, извѣстная совокупность свойствъ является общей всѣмъ объектамъ или всѣмъ явленіямъ, образующимъ этотъ классъ, причемъ и и явленія и объекты мы разсматриваемъ, какими они даны нашимъ чувствамъ, не вводя ничего гипотетическаго; затѣмъ мы обозначаемъ совокупность свойствъ какимъ нибудь именемъ или символомъ».

«Согласно методу гипотетическому, опредѣленіе класса объектовъ или явленій происходитъ на основаніи представленія о природѣ ихъ, кажущагося вѣроятнымъ Человѣкъ представляетъ себѣ, что они конституируются недоступнымъ нашему воспріятію образомъ, какъ модификація другого класса объектовъ или явленій, законы котораго уже извѣстны. Если выводы изъ подобнаго рода гипотетическаго опредѣленія не противорѣчатъ результатамъ наблюденія и эксперимента, то при помощи этого опредѣленія можно выводить законы одного класса объектовъ или явленій изъ соотвѣтственныхъ законовъ другого класса». Этимъ способомъ можно было бы, напримѣръ, вывести законы свѣта или теплоты изъ законовъ механики.

Ранкинъ полагаетъ, что гипотетическія теоріи постепенно уступаютъ свое мѣсто теоріямъ абстрактнымъ. При всемъ томъ, полагаетъ онъ, «гипотетическая теорія необходима, какъ первый этапъ, для внесенія простоты и порядка въ описаніе явленій, безъ чего ни малѣйшій успѣхъ въ конструкціи абстрактной теоріи невозможенъ». Мы видѣли уже въ предыдущемъ параграфѣ, что это утвержденіе не находитъ подтвержденія въ исторіи физическихъ теорій и въ главѣ IV, § 9 намъ вновь представится случай вернуться къ этому вопросу.

Около середины XIX столѣтія число гипотетическихъ теорій, претендовавшихъ на то, что онѣ даютъ болѣе или менѣе вѣроятныя объясненія явленій, возрасло до чрезвычайности. Шумъ борьбы между ними и грохотъ ихъ паденія утомили физиковъ и понемногу вернули ихъ къ здоровымъ ученіямъ, выраженнымъ со столь большой силой Ньютономъ. Эрнстъ Махъ [1]), вернувшись къ

[1]) E. Mach. Die Gestalten der Flüssigkeit, Prag, 1872;—Die ökonomische

нарушенной традиціи, опредѣлилъ физическую теорію, какъ абстрактное и обобщенное описаніе явленій природы. Г. Кирхгоффъ [1]) объявилъ задачей механики «дать наиболѣе полное и возможно болѣе простое описаніе движеній, происходящихъ въ природѣ».

Нѣкоторые весьма великіе физики, обозрѣвая возможности, представляемыя ихъ методомъ, на столько возгордились, на столько переоцѣнили значеніе его, что имъ казалось, что теоріями ихъ обнажена метафизическая природа вещей. Было, однако, не мало ученыхъ изслѣдователей, возбуждающихъ наше изумленіе, которые были болѣе скромны и болѣе дальнозорки. Они поняли, что физическая теорія не есть объясненіе, и видѣли въ ней лишь упрощенное и упорядоченное описаніе, группирующее законы, согласно классификаціи все болѣе и болѣе совершенной, все болѣе и болѣе естественной.

Natur der physikalischen Forschung. Vienne 1882; Die Mechanik in ihrer Entwickelung, historisch—kritisch dargestellt. Leipzig, 1883. Есть русскій переводъ. Прим. пер.

[1]) Kirchhoff: Vorlesungen über mathematische Physik; Mechanik, Leipzig, 1874, стр. 1.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ.

Абстрактныя теоріи и механическія модели [1]).

---

§ I.—Два типа умовъ: широкіе и глубокіе умы.

Всякая физическая теорія представляетъ собою плодъ двоякаго рода работы: работы абстракціи и работы обобщенія.

Прежде всего нашъ умъ анализируетъ огромное число конкретныхъ, различныхъ и сложныхъ отдѣльныхъ фактовъ, и все, что онъ находитъ въ нихъ общаго и существеннаго, онъ обобщаетъ въ одномъ законѣ, т. е. въ общемъ положеніи, связывающемъ въ одно единое цѣлое абстрактныя понятія.

Затѣмъ онъ разсматриваетъ цѣлый рядъ законовъ и замѣняетъ ихъ весьма небольшимъ числомъ чрезвычайно общихъ сужденій, покоющихся на нѣсколькихъ идеяхъ, весьма абстрактныхъ. Онъ такъ выбираетъ первичныя свойства, онъ такъ формулируетъ основныя гипотезы, что при помощи дедукціи—довольно распространенной можетъ быть, но весьма надежной—изъ нихъ могутъ быть выведены всѣ законы изъ той группы, которую онъ изучаетъ. Вотъ эта система гипотезъ и вытекающихъ изъ нихъ слѣдствій—дѣло абстракціи, обобщенія и дедукціи—и образуетъ физическую теорію, какъ мы ее опредѣлили; она, безъ всякаго сомнѣнія, заслуживаетъ эпитета абстрактной теоріи, которымъ наградилъ ее Ранкинъ.

Двоякая работа абстракціи и обобщенія. плодомъ которой является теорія, осуществляетъ, говорили мы [2]), двоякаго рода

---

[1]) Мысли, изложенныя въ настоящей главѣ, представляютъ собою развитіе идей, изложенныхъ въ статьѣ L'Ecole anglaise et les Thèories physiques, напечатанной въ октябрѣ 1893 г. въ „Revue des Questions scientifiques".

[2]) См. главу вторую, § 2.

экономію мысли: одну, когда она однимъ единственнымъ закономъ замѣняетъ множество фактовъ, и другую, когда она небольшимъ числомъ гипотезъ замѣняетъ огромную группу эмпирически установленныхъ законовъ.

Но приписывая абстрактной теоріи этотъ двоякій экономическій характеръ, найдемъ ли мы согласіе у всѣхъ, занимающихся изученіемъ методовъ физики?

Часто приходится вообразить себѣ очень большое число вещей такъ, чтобы онѣ всѣ стояли какъ бы предъ глазами во всей своей совокупности и сложной группировкѣ, а не одна отдѣльно отъ другой, произвольно вырванная изъ реальной своей связи. Для многихъ людей это—задача неразрѣшимая или, по крайней мѣрѣ, черезвычайно трудная. Собраніе экспериментально установленныхъ законовъ, сваленныхъ въ одну кучу,—законовъ, которыхъ никакая классификація не раздѣляетъ на группы, никакая система не связываетъ въ одно цѣлое и не подчиняетъ одни другимъ, представляется имъ хаосомъ, пугающимъ ихъ воображеніе, лабиринтомъ, въ которомъ разумъ ихъ совершенно теряется. Напротивъ того, идея, которую абстракція освободила отъ всего, что могло бы возбудить болѣе или менѣе хорошую память, они воспринимаютъ безъ особаго труда. Они ясно и вполнѣ усваиваютъ смыслъ сужденія, связывающаго такія идеи. Они способны съ неослабѣвающимъ интересомъ и не утомляясь слѣдить до послѣднихъ его выводовъ за разсужденіемъ, исходящимъ изъ такихъ сужденій. Способность понять и продумать абстрактныя идеи лучше развита у такихъ людей, чѣмъ способность представлять себѣ конкретные предметы.

Для такихъ абстрактныхъ умовъ сведеніе фактовъ къ законамъ и сведеніе законовъ къ теоріямъ представляютъ собой по истинѣ экономію мышленія. Каждая изъ этихъ двухъ операцій въ весьма высокой степени уменьшаетъ для нихъ работу ума, необходимую для изученія физики.

Но не всѣ умы, сильно развитые, суть умы абстрактные.

Есть умы, обладающіе черезвычайной способностью представить себѣ въ воображеніи сложную систему разнородныхъ предметовъ. Они схватываютъ ихъ всѣ однимъ взглядомъ, безъ необходимости сосредоточивать свое вниманіе сначала на одномъ и потомъ на другомъ предметѣ. И взглядъ этотъ не туманенъ и расплывчатъ, а точенъ и опредѣлененъ; каждая деталь замѣчена съ полной ясностью на своемъ мѣстѣ и въ своемъ относительномъ значеніи.

Но эта способность ума связана съ однимъ условіемъ: предметы, на которыхъ останавливается вниманіе такихъ людей, должны быть таковы, чтобы они дѣйствовали на чувства; это—предметы осязаемые, видимые. Умы этого рода нуждаются, чтобы правильно функціонировать, въ хорошей памяти. Абстрактная идея, освобожденная отъ всего, во что можетъ одѣть ее эта память, представляется имъ чѣмъ-то неосязаемымъ, ускользающимъ отъ нихъ въ туманѣ. Всякое общее сужденіе звучитъ для нихъ, какъ пустая формула, лишенная всякаго смысла. Длинная и строго логическая дедукція представляется имъ какимъ-то монотоннымъ шумомъ мельницы, жернова которой безостановочно вращаются, работая въ пустую. Одаренные мощной силой воображенія, эти умы мало способны къ абстракціи и дедукціи.

Усмотрятъ ли такіе умы экономію мышленія въ построеніи абстрактной физической теоріи? Нѣтъ, безъ сомнѣнія. Скорѣе они увидятъ въ этомъ работу, трудный характеръ которой покажется имъ гораздо менѣе сомнительнымъ, чѣмъ польза отъ нихъ, и нѣтъ ни малѣйшаго сомнѣнія, что свои физическія теоріи они будутъ строить совсѣмъ по другому типу.

Поэтому, только абстрактные умы безъ промедленія признаютъ въ физической теоріи, какъ мы ее нарисовали, наиболѣе подходящую форму описанія явленій природы. Въ отрывкѣ своего сочиненія [1]), въ которомъ онъ далъ превосходную характеристику этихъ двухъ типовъ ума, различаемыхъ нами, Паскаль не забываетъ прибавить слѣдующее:

«Есть различные типы здраваго ума; одни проявляютъ свою силу въ одной группѣ вещей, а въ другихъ обнаруживаютъ полную несостоятельность, другіе—наоборотъ. Одни изъ нихъ дѣлаютъ правильные выводы изъ небольшого числа принциповъ, и это и есть здравый умъ. Другіе же дѣлаютъ правильные выводы изъ положеній, включающихъ много принциповъ. Такъ, напримѣръ, одни понимаютъ дѣйствія воды, основанныя на небольшомъ числѣ принциповъ, но выводы изъ которыхъ такъ хитроумны, что они доступны лишь очень здравому уму. И люди этого типа мало, можетъ быть, сдѣлаютъ въ геометріи, ибо геометрія охватываетъ большое число принциповъ, а природа ума можетъ быть такова, чтобы быть способной глубоко проникнуть въ значеніе небольшого

[1]) Pascal; Pensées, èdition Havet, art. VII. 2.

числа принциповъ, но не быть способной проникнуть въ суть вещей, основанныхъ на большомъ числѣ принциповъ».

«Есть, поэтому, два типа умовъ: первые живо и глубоко проникаютъ во всѣ послѣдствія, вытекающія изъ принциповъ, и это есть умъ, правильно разсуждающій; другіе усваиваютъ большое число принциповъ, не смѣшивая и не спутывая ихъ, и это есть умы геометрическіе. Одни характеризуются силой и правильностью сужденія, а другіе — умы широкіе. Можетъ быть одно безъ другого, можетъ быть умъ сильный и узкій или же широкій, но слабый».

Абстрактная физическая теорія, какъ мы ее опредѣлили, будетъ, несомнѣнно, привлекать къ себѣ умы сильные, но узкіе; зато слѣдуетъ ожидать, что умы широкіе, но слабые отвергнутъ ее. Такъ какъ мы намѣреваемся бороться съ этимъ вторымъ типомъ мышленія, намъ необходимо сначала познакомиться съ нимъ поближе.

§ II.—Примѣръ широкаго ума: умъ Наполеона.

Когда зоологу, желающему изучить какой-нибудь органъ, попадается животное, у котораго этотъ органъ достигъ необычайнаго развитія, онъ бываетъ весьма радъ: ему легче расчленить этотъ органъ у такого животнаго на различныя части, ему яснѣе его строеніе и легче понять его функцію. Такъ и психологъ, желающій изучить извѣстную способность, долженъ быть доволенъ, натолкнувшись на существо, обладающее этой способностью въ выдающейся степени.

И вотъ исторія знакомитъ насъ съ человѣкомъ, умъ котораго— широкій, но слабый—, по классификаціи Паскаля, былъ развитъ въ чрезвычайной степени. Человѣкъ этотъ былъ Наполеонъ.

Прочтите у Тэна [1]) портретъ Наполеона, столь пластически и столь прочно обоснованный историческими документами! Вы сейчасъ же замѣтите слѣдующія двѣ существенныя черты, столь яркія, столь бросающіяся въ глаза, что ихъ замѣтитъ и самый неопытный глазъ: съ одной стороны—необычайную способность представить себѣ въ умѣ чрезвычайно сложную совокупность предметовъ, если только эти предметы доступны непосредственному воспріятію, если

[1]) H. Taine: Les Origines de la France contemporaine. Le Règime moderne, t. I, 1 1, c. I, art. 2, 3, 4. Paris, 1891.

они могутъ быть представлены, такъ сказать, съ плотью и кровью; съ другой стороны полную неспособность къ абстракціи и обобщенію, доходящую до глубокаго отвращенія къ этимъ духовнымъ операціямъ.

Чистыя идеи, обнаженныя отъ спеціальныхъ и конкретныхъ деталей, дѣлавшихъ ихъ видимыми и осязаемыми, совершенно недоступны уму Наполеона. «Уже въ Бріеннѣ [1]) было констатировано, что онъ совершенно неспособенъ къ языкамъ и изящной литературѣ». Онъ не только съ трудомъ усваивалъ абстрактныя понятія, но отворачивался отъ нихъ съ отвращеніемъ. «Онъ изслѣдовалъ вещи только съ точки зрѣнія ихъ непосредственной полезности, говоритъ M-me de Staël, всякій общій принципъ былъ противенъ ему, какъ какая-то глупость или какъ что-то враждебное ему». Люди, для которыхъ абстракція, обобщеніе и дедукція были обычнымъ средствомъ мышленія, казались ему существами, которымъ чего то не хватало, чѣмъ то непостижимымъ, и онъ съ глубокимъ презрѣніемъ относился къ этимъ «идеологамъ»: «Ихъ человѣкъ 12—15 метафизиковъ, которыхъ слѣдовало-бы бросить въ море, говорилъ онъ, это—насѣкомые, которыхъ я ношу на своей одеждѣ».

Но если умъ его отказывался понимать общіе принципы, если, по свидѣтельству Стендаля, «большая часть великихъ истинъ, открытыхъ въ теченіе послѣднихъ ста лѣтъ, была ему незнакома,» то зато онъ обладалъ чрезвычайной способностью сразу, однимъ взглядомъ охватить вполнѣ сложную совокупность фактовъ, конкретныхъ объектовъ, сразу ясно понять ихъ, не упуская изъ виду ни одной детали. «Онъ обладалъ, говоритъ Буріеннъ, плохой памятью на собственныя имена, на слова и даты, но удивительной памятью на ф а к т ы и м ѣ с т а. Я вспоминаю, что по дорогѣ изъ Парижа въ Тулонъ онъ обратилъ мое вниманіе на 10 мѣстъ, удобныхъ для крупныхъ сраженій... То было воспоминаніе о первыхъ путешествіяхъ его юности и онъ описывалъ мнѣ мѣстоположенія, обозначалъ даже позиціи, которыя онъ занялъ бы, прежде даже, чѣмъ мы прибыли бы на мѣсто». Впрочемъ, самъ Наполеонъ старался выдвинуть эту особенность своей памяти, столь сильной для фактовъ и столь слабой для всего не-конкретнаго: «Я всегда прекрасно помню мои записи. Я не могу запомнить ни одного александрійскаго стиха, но я не забываю никогда ни одной буквы

---

[1]) Цитаты всѣ взяты изъ сочиненія Тэна.

изъ моихъ записей. Я найду ихъ сегодня вечеромъ въ своей комнатѣ и не лягу спать, пока не прочту ихъ».

Въ какой мѣрѣ онъ пугался абстракціи и обобщенія, совершая эти операціи съ большимъ мучительнымъ для него трудомъ, въ такой же мѣрѣ ему доставляло удовольствіе проявлять свою поразительную способность представленія, какъ атлетъ, съ удовольствіемъ пробующій работу своихъ мышцъ. Его жажда точныхъ и конкретныхъ фактовъ была «ненасытна», по выраженію Молліена. «Хорошее состояніе моихъ полковъ, говорилъ онъ намъ, объясняется тѣмъ, что я ежедневно занимаюсь ими одинъ—два часа и, когда мнѣ разъ въ мѣсяцъ присылаютъ отчетъ о моихъ полкахъ и моемъ флотѣ, то я оставляю всякое другое занятіе и подробно прочитываю все до конца, чтобы увидѣть разницу между однимъ мѣсяцемъ и другимъ. Чтеніе это доставляетъ мнѣ больше удовольствія, чѣмъ молодой дѣвушкѣ чтеніе романа».

Эта способность представленія, которой Наполеонъ пользовался со столь большой легкостью и съ такимъ удовольствіемъ, обнаруживала чрезвычайную гибкость, ширину и точность. Примѣровъ, въ которыхъ обнаружились эти удивительныя свойства его,—безчисленное множество. Чтобы не перечислять ихъ долго, мы ограничимся двумя, достаточно характерными.

«Сегюръ, которому было поручено осмотрѣть всѣ мѣста сѣверныхъ береговъ, исполнилъ порученіе и явился къ докладу. «Я пересмотрѣлъ всѣ ваши записи, сказалъ мнѣ первый консулъ, онѣ точны, но вы забыли у Остенде двѣ четырехъ-фунтовыя пушки». И онъ указалъ мѣсто, «улицу посреди города». И это было вѣрно. «Я вышелъ, пораженный изумленіемъ: среди тысячи пушекъ, разсѣянныхъ по берегу въ подвижныхъ и неподвижныхъ батареяхъ, изъ памяти его не ускользнули двѣ четырехъ-фунтовыя пушки!»

«Возвращаясь изъ Булонскаго лагеря, Наполеонъ встрѣтился съ кучкой заблудившихся солдатъ. Спросивъ номеръ ихъ полка, вычисливъ день выступленія ихъ въ походъ, путь, которымъ они шли, и путь, которымъ они должны были бы идти, онъ сказалъ имъ: «вы найдете вашъ батальонъ на такомъ-то мѣстѣ». А армія состояла тогда изъ 200000 человѣкъ!»

Мы узнаемъ человѣка по его дѣйствіямъ, привычкамъ и видимымъ жестамъ, въ которыхъ онъ проявляетъ свои чувства, свои инстинкты, свои страсти. Часто при этомъ бываетъ такъ, что какая-нибудь мелкая, самая ничтожная деталь, едва замѣтная

краска въ лицѣ, едва замѣтное движеніе губъ образуетъ самый существенный признакъ, внезапно бросающій яркій свѣтъ на то, или другое чувство, радость или разочарованіе, скрытое въ глубинѣ души. Такая мелкая деталь не ускользала отъ испытующаго взора Наполеона, и память его навсегда сохраняла ее, фиксируя ее, какъ на моментальной фотографіи. Отсюда его глубокое знаніе людей, съ которыми онъ имѣлъ дѣло. «Такая невидимая моральная сила можетъ быть констатирована и приблизительно измѣрена ея проявленіемъ, доступнымъ воспріятію, при помощи пробъ, каково будетъ такое-то слово, такое-то выраженіе, такое-то движеніе. Вотъ эти слова, эти жесты, эти выраженія онъ и старался отыскивать. Ему удавалось разсмотрѣть самыя интимныя, самыя глубокія чувства въ ихъ внѣшнемъ проявленіи, онъ рисовалъ себѣ внутреннее движеніе души на основѣ того или другого характернаго выраженія лица, той или другой позы, небольшой характерной сцены, при помощи пробъ и пріемовъ, столь хорошо выбранныхъ и столь подробно разработанныхъ, что они обобщали весь неопредѣленный рядъ аналогичныхъ случаевъ. Этимъ способомъ объектъ туманный и неясный вдругъ становился яснымъ, опредѣленнымъ, послѣ чего онъ и былъ измѣренъ и взвѣшенъ» [1]). Удивительная психологія Наполеона вполнѣ характеризуется его способностью точно представлять себѣ какъ въ цѣломъ, такъ и въ подробностяхъ видимые и осязательные предметы, представлять себѣ людей съ плотью и кровью.

Эта же способность дѣлала стóль живыми и красочными весь языкъ его, всѣ его выраженія. Никакихъ абстрактныхъ обозначеній, или общихъ сужденій, одни образы, дѣйствующіе на глаза и уши: Я не доволенъ постановкой таможеннаго дѣла на Альпахъ; оно не подаетъ признаковъ жизни, не слышно звука монетъ, падающихъ въ государственную кассу».

Все въ духовномъ обликѣ Наполеона — это отвращеніе къ идеологіи, взглядъ администратора и тактика, глубокое знаніе соціальной среды и людей, нѣсколько тривіальная порой грубость его рѣчи—все это имѣетъ своимъ источникомъ одну и ту же существенную черту его—широту, но и слабость его ума.

---

[1]) Taine: Loc. cit., стр. 35.

§ III.—Широкій умъ, тонкій умъ и умъ геометрическій.

Изучая духовный обликъ Наполеона, мы имѣли полную возможность наблюдать характерные признаки широкаго ума и наблюдать ихъ въ чрезвычайно увеличенномъ видѣ, какъ бы въ микроскопѣ. Впредь намъ будетъ нетрудно узнать ихъ, гдѣ бы мы ихъ ни встрѣтили, разнообразные, различные и среди разнообразныхъ объектовъ, на которые останавливаютъ свое вниманіе характеризуемые ими умы.

Мы ихъ встрѣтимъ прежде всего вездѣ, гдѣ мы найдемъ умъ тонкій: тонкій умъ, какъ описалъ намъ его Паскаль, заключается главнымъ образомъ въ способности ясно разсмотрѣть очень большое число конкретныхъ понятій и сразу постигнуть ихъ, какъ во всей ихъ совокупности, такъ и въ деталяхъ.

«Въ случаѣ тонкаго ума [1]) принципы находятся въ общемъ употребленіи и передъ глазами всего міра. Стоитъ только повернуть голову, чтобы усмотрѣть ихъ безъ особыхъ усилій. Стоитъ только имѣть хорошій глазъ, но его то нужно имѣть; ибо принципы такъ распространены и ихъ такъ много, что почти невозможно не замѣтить ихъ. Но если какой-нибудь принципъ не принять во вниманіе, то это ведетъ къ заблужденію, и потому необходимъ хорошій глазъ, чтобы усмотрѣть всѣ принципы... Ихъ едва распознаютъ, ихъ скорѣе чувствуютъ, чѣмъ видятъ. Безконечно трудно дать ихъ почувствовать тѣмъ, которые не чувствуютъ ихъ сами. Это все вещи столь тонкія и многочисленныя, что необходимо особенно тонкое чувство, чтобы ихъ почувствовать и судить правильно и справедливо на основаніи этого чувства, очень часто не будучи въ состояніи демонстрировать ихъ по порядку, какъ въ геометріи, потому что не владѣешь настолько принципами и такое предпріятіе было бы дѣломъ безконечнымъ. Необходимо усмотрѣть все дѣло—по меньшей мѣрѣ, до извѣстной степени—съ одного взгляда, а не дойти до него цѣлымъ рядомъ разсужденій».

«...Тонкіе, проницательные умы, привыкшіе судить съ перваго взгляда, бываютъ, поэтому, весьма изумлены, когда имъ предъявляютъ положенія, которыхъ они понять не могутъ и для усвоенія которыхъ необходимо прибѣгнуть къ опредѣленіямъ и неплодотвор-

---

[1]) Pascal: Pensées, édition Havet art. 7.

нымъ принципамъ; они не привыкли вникать въ подробности и потому они съ отвращеніемъ отвертываются отъ нихъ... Такимъ умамъ, такъ какъ они только тонки и есть, не хватаетъ терпѣнія доходить до самыхъ первыхъ принциповъ всякихъ спекулятивныхъ построеній и созданій фантазіи, которыхъ они въ дѣйствительномъ мірѣ, и въ особенности въ употребленіи, никогда не видали».

Широкій умъ лежитъ въ основѣ тонкаго ума дипломата, имѣющаго извѣстный навыкъ въ томъ, чтобы отмѣчать мельчайшіе факты, мельчайшіе жесты, мельчайшія движенія человѣка, съ которымъ онъ ведетъ переговоры и въ тайны котораго онъ желаетъ проникнуть. Тонкій умъ Тайлерана группируетъ тысячи мельчайшихъ свѣдѣній, основанныхъ на честолюбіи, суетности, тщеславіи, жаждѣ мести, соревнованіи и ненависти всѣхъ уполномоченныхъ различныхъ государствъ на вѣнскомъ конгрессѣ. Эти свѣдѣнія даютъ ему возможность играть этими людьми, какъ маріонетками, нити отъ которыхъ сходятся въ его рукахъ.

Ту же широту ума мы находимъ у хроникеровъ газетъ, заносящихъ въ свои хроники всѣ детали тѣхъ или другихъ фактовъ и дѣйствій людей. Мы находимъ ее у такого ученаго, какъ Сенъ-Симонъ, оставившій намъ въ своихъ мемуарахъ «портреты трехсотъ мальчишекъ, между которыми не было двухъ, похожихъ другъ на друга». Она же представляетъ собою самое важное орудіе у великаго романиста; это, благодаря ей, Бальзакъ сумѣлъ создать то огромное число лицъ, которыми изобилуетъ «человѣческая комедія», изобразить каждаго изъ нихъ съ плотью и кровью, нарисовать ихъ со всѣми морщинками, бородавками и ужимками, которыя выгоняли какъ бы наружу каждую страсть ихъ, каждый порокъ, всѣ смѣшныя стороны души; только съ ея помощью онъ сумѣлъ одѣть ихъ тѣла въ соотвѣтствующія одежды, надѣлить ихъ соотвѣтственнымъ поведеніемъ и жестами, окружить ихъ вещами, образующими ихъ среду, однимъ словомъ, сдѣлать изъ нихъ людей, живущихъ въ живомъ мірѣ.

Именно широта ума надѣляетъ стиль какого-нибудь Раблэ его красками и теплотой, заваливаетъ его видимыми, осязательными образами, до каррикатурности конкретными, чуть чуть не двигающимися передъ нашими глазами. Широкій умъ представляетъ собой также противоположность уму классическому, описанному Тэномъ, — уму, который любитъ абстрактныя понятія, порядокъ и простоту, который вполнѣ естественно говоритъ въ стилѣ Бюф-

фона, и выбираетъ всегда для выраженія какой-нибудь мысли самыя общія выраженія.

Всѣ, которые умѣютъ удержать въ своей фантазіи точную, ясную, детальную картину множества объектовъ, относятся къ типу широкихъ умовъ. Широкій умъ у биржевого спекулянта, который на основаніи кучи телеграммъ судитъ о цѣнахъ на хлѣбъ или шерсть на всѣхъ міровыхъ рынкахъ и съ одного взгляда можетъ рѣшить, играть ли ему на пониженіе или на повышеніе. Широкій умъ у главнокомандующаго арміей [1]), способнаго придумать планъ мобилизаціи, на основаніи котораго милліоны людей безъ замедленія и замѣшательства въ назначенный день займутъ назначенныя имъ позиціи. Широкій умъ также у шахматиста, играющаго, не смотря на шахматную доску, одновременно съ пятью партнерами.

Широта ума также лежитъ въ основѣ геніальности того или другого геометра или ученаго, разрабатывающаго основы алгебры. Не одинъ читатель Паскаля удивился, вѣроятно, тому, что онъ и геометровъ включилъ въ число широкихъ, но слабыхъ умовъ; сближеніе это есть одно изъ немаловажныхъ доказательствъ его проницательности.

Каждая отрасль математики имѣетъ предметомъ своимъ, безъ сомнѣнія, понятія, въ высокой степени абстрактныя. Именно эта абстракція даетъ понятія числа, прямой линіи, поверхности, угла, массы, силы и давленія. Абстракція и философскій анализъ систематизируютъ и точно опредѣляютъ свойства этихъ различныхъ понятій, въ которыхъ выражены аксіомы и постулаты математики. Самая строгая дедукція даетъ увѣренность, что эти постулаты не противорѣчатъ другъ другу, что они независимы другъ отъ друга, и она развиваетъ въ безупречномъ порядкѣ длинную цѣпь теоремъ, вытекающихъ изъ нихъ. Этому математическому методу мы обязаны образцовѣйшими работами, укрѣпившими и углубившими мышленіе человѣчества. Первыми такими работами были Элементы Эвклида и работы Архимеда о рычагѣ и плавающихъ тѣлахъ.

Но именно потому, что методъ этотъ аппелируетъ почти исключительно къ логическимъ способностямъ интеллекта, что онъ требуетъ чрезвычайно сильной способности точнаго мышленія, онъ представляется людямъ съ умомъ широкимъ, но слабымъ, чрезвычайно труднымъ и тягостнымъ. Вслѣдствіе этого математики придумали

[1]) Широта ума была у Цезаря почти на столько же ярко выражена, какъ и у Наполеона. Случалось ему диктовать въ одно время четыремъ секретарямъ сложныя письма на четырехъ различныхъ языкахъ.

вмѣсто этого метода, чисто абстрактнаго и дедуктивнаго, другой методъ, въ которомъ работѣ представленія отводится больше мѣста, чѣмъ работѣ абстрактной мысли. Вмѣсто того, чтобы непосредственно обсуждать абстрактныя понятія, составляющія предметъ ихъ изслѣдованія, вмѣсто того, чтобы разсматривать ихъ сами по себѣ, они обращаются къ простѣйшимъ ихъ свойствамъ и выражаютъ ихъ въ числахъ, измѣряютъ ихъ. Затѣмъ, далѣе, вмѣсто того, чтобы выразить въ цѣпи силлогизмовъ свойства самихъ этихъ понятій, они подвергаютъ числа, полученныя измѣреніемъ, извѣстнымъ операціямъ на основаніи твердо установленныхъ правилъ, правилъ алгебры. Вмѣсто того, чтобы заниматься дедукіей, они занимаются вычисленіями. Пользованіе алгебраическими символами можно назвать вычисленіемъ въ самомъ широкомъ *смыслѣ* этого слова и работа эта предполагаетъ какъ у того, кто придумалъ ее, такъ и у того, кто ее дѣлаетъ, гораздо меньше способности абстракціи и строго логическаго мышленія, чѣмъ способность представлять себѣ различныя сложныя комбинаціи, которыя можно создать изъ опредѣленныхъ видимыхъ и надписываемыхъ знаковъ и сразу разсмотрѣть превращенія, позволяющія переходить отъ одной комбинаціи къ другой. Авторъ какихъ-нибудь открытій въ алгебрѣ, какой-нибудь Якоби, напримѣръ, не имѣетъ въ себѣ ничего, присущаго метафизику; скорѣе онъ похожъ на шахматиста, дѣлающаго удачный ходъ конемъ или башней. При извѣстныхъ условіяхъ умъ геометрическій становится рядомъ съ умомъ тонкимъ среди умовъ широкихъ, но слабыхъ.

§ IV.—Широкій умъ и умъ англійскій.

Люди широкаго ума встрѣчаются у всѣхъ народовъ, но есть народъ, для котораго онъ особенно характеренъ, это — народъ англійскій.

Поищемъ въ произведеніяхъ, созданныхъ англійскимъ геніемъ, оба признака широкаго, но слабаго ума: чрезвычайную легкость представлять себѣ весьма сложныя группировки конкретныхъ предметовъ и чрезвычайную трудность усваивать абстрактныя понятія и формулировать ихъ въ общихъ признакахъ. Начнемъ съ произведеній художественной литературы.

Что прежде всего поражаетъ читателя-француза, когда онъ перелистываетъ англійскій романъ, будь то произведеніе мастера, какъ Диккенсъ или Джоржъ Элліотъ, или первый опытъ молодой

авторши, мечтающей о литературной славѣ? Его прежде всего поражаетъ длина и подробность описаній. Сначала картинность описаній каждаго предмета возбуждаетъ его любопытство, но скоро онъ теряетъ изъ виду цѣлое. Многочисленные образы, вызванные авторомъ, сталкиваются, смѣшиваются, а онъ непрестанно вызываетъ новые, вносящіе еще большую путанницу. Дойдя до четверти описанія, онъ забываетъ уже начало. Онъ начинаетъ перелистывать страницы, не читая ихъ, испуганный этимъ перечисленіемъ конкретныхъ вещей, какъ въ какомъ-то кошмарѣ дефилирующихъ передъ нимъ, однѣ за другими. Его глубокій, но узкій умъ жаждетъ такихъ описаній, какъ у Лоти, напримѣръ, умѣющаго въ трехъ строкахъ сжать существенную идею, душу цѣлаго ландшафта. Англичанинъ подобныхъ желаній не знаетъ. Всѣ эти видимыя и осязаемыя вещи, которыя описываетъ самымъ точнымъ образомъ его соотечественникъ-романистъ, онъ видитъ безъ труда во всемъ ансамблѣ, каждую на своемъ мѣстѣ, со всѣми характерными для нея деталями. Тамъ, гдѣ мы, французы, видимъ только угнетающій, подавляющій насъ хаосъ, англичанинъ видитъ картину, которая приводитъ его въ восхищеніе.

Итакъ, французскій умъ столь силенъ, что онъ не боится абстракціи, обобщенія, но слишкомъ узокъ для того, чтобы сумѣть представить себѣ что-нибудь сложное раньше, чѣмъ оно приведено въ полный порядокъ, тогда какъ у англичанина характернымъ является умъ широкій, но слабый. Какую область творчества мы ни взяли бы, мы вездѣ найдемъ эту противоположность, сравнивая произведенія того и другого народа.

Не поискать ли ее среди произведеній драматическихъ? Возьмемъ героя Корнеля, Августа, переходящаго отъ мести къ милосердію, или Родрига, въ душѣ котораго происходитъ борьба между сыновней любовью и любовью къ женщинѣ. Два чувства борятся въ его душѣ, но какой великолѣпный порядокъ въ ихъ описаніи. Каждое изъ нихъ выступаетъ, когда наступаетъ его очередь, подобно двумъ адвокатамъ, обосновывающимъ въ судебной залѣ въ превосходно составленныхъ рѣчахъ свои доводы. И когда доводы ясно изложены съ той и съ другой стороны, воля заключаетъ дебаты своимъ рѣшеніемъ, столь точнымъ, какъ приговоръ суда или математическій выводъ.

Теперъ представимъ себѣ на мѣстѣ Августа или Родрига Корнеля—лэди Макбетъ или Гамлета Шекспира. Какая смѣсь неясныхъ, не вполнѣ опредѣлившихся чувствъ съ расплывчатыми контурами,

мало между собой связанныхъ, то достигающихъ преобладанія, то подавленныхъ другими! Воспитанный на нашемъ классическомъ театрѣ зритель-французъ совершенно теряетъ силы въ тщетныхъ усиліяхъ понять такихъ дѣйствующихъ лицъ, т. е. изъ опредѣленнаго состоянія души вывести эту смѣну тѣлодвиженій, эту кучу словъ, неточныхъ, противорѣчивыхъ. Зритель-англичанинъ не знаетъ этого тяжкаго труда; онъ не старается понять дѣйствующихъ лицъ, классифицируя и систематизируя ихъ жесты, а онъ довольствуется тѣмъ, что онъ видитъ ихъ въ ихъ живой связи.

Не разсмотрѣть ли еще эту противоположность между умомъ французскимъ и англійскимъ въ сочиненіяхъ философскаго характера? Возьмемъ вмѣсто Корнеля и Шекспира Декарта и Бэкона.

Какимъ предисловіемъ начинаетъ Декартъ свое сочиненіе? «Къ вопросу о методѣ» Каковъ же методъ этого ума сильнаго, но узкаго? Вотъ его задача: «установить порядокъ въ мысляхъ, начиная съ вещей наиболѣе простыхъ и наиболѣе доступныхъ познанію, и постепенно переходить къ познанію вещей болѣе сложныхъ, предполагая порядокъ даже между такими, которыя въ дѣйствительности вовсе не предшествуютъ однѣ другимъ».

И какія же вещи «наиболѣе доступны познанію», съ какихъ «необходимо начинать?» Декартъ говоритъ объ этомъ неоднократно. Это все вещи простѣйшія, а подъ этимъ онъ подразумѣваетъ вещи наиболѣе абстрактныя, понятія, совершенно обнаженныя отъ доступныхъ воспріятію признаковъ, принципы, наиболѣе универсальные, сужденія наиболѣе общія—касательно бытія и мышленія, самыя основныя математическія истины.

Исходя изъ этихъ принциповъ, дедуктивный методъ развиваетъ свои силлогизмы, длинная цѣпь которыхъ, состоящая изъ звеньевъ, вполнѣ провѣренныхъ, связываетъ крѣпкой связью основы системы со всѣми, самыми спеціальными выводами. «Длинныя цѣпи положеній столь простыхъ и легкихъ, которыми пользуются обыкновенно геометры, чтобы придти къ своимъ наиболѣе труднымъ доказательствамъ, внушили мнѣ мысль представить себѣ, что всѣ вещи, доступныя познанію человѣка, такимъ же образомъ слѣдуютъ другъ за другомъ. Если только быть осторожнымъ и не принимать за истину то, что не истинно, и соблюдать порядокъ, необходимый для того, чтобы вывести одну вещь изъ другой, то не окажется ничего слишкомъ отдаленнаго, чего нельзя было бы въ концѣ концевъ достичь, ни столь скрытаго, что оно не могло бы быть открыто».

Какого источника ошибокъ опасается еще Декартъ въ случаѣ примѣненія этого метода, столь точнаго и строгаго? Онъ боится упущенія, ибо онъ чувствуетъ, что у него узкій умъ, что ему трудно представить себѣ какое-нибудь сложное цѣлое. Въ виду этого онъ принимаетъ предосторожности, дѣлаетъ провѣрку, рѣшая «отъ времени до времени все пересчитывать, дѣлать общіе обзоры, чтобы оградить себя отъ всякаго возможнаго упущенія».

Вотъ таковъ этотъ картезіанскій методъ, точное примѣненіе котораго мы находимъ въ Принципахъ Философіи. Здѣсь сильный, но узкій умъ вполнѣ ясно изложилъ механизмъ своей работы.

Откроемъ теперь книгу Бэкона «*Novum Organum*». Не станемъ сдѣсь искать метода автора, ибо онъ таковаго не имѣетъ. Распорядокъ его книги сводится къ подраздѣленію, дѣтски простому. Въ *Pars destruens* онъ ругаетъ Аристотеля, «испортившаго философію природы своей діалектикой и построившаго міръ при помощи своихъ категорій». Въ *Pars aedificans* онъ восхваляетъ истинную философію Философія эта не имѣетъ цѣлью построить ясную и вполнѣ упорядоченную систему истинъ, логически вытекающихъ изъ вполнѣ достовѣрныхъ принциповъ. Цѣль ея вполнѣ практическая, я позволю себѣ даже сказать, совершенно коммерческая. «Необходимо разсмотрѣть, какое руководящее правило наиболѣе желательно, чтобы вызвать въ какомъ-нибудь данномъ тѣлѣ опредѣленное новое свойство и объяснить его въ простыхъ выраженіяхъ и по возможности яснѣе».

«Если хотятъ, напримѣръ, придать серебру цвѣтъ золота, или болѣе тяжелый вѣсъ (приспособляясь къ законамъ матеріи) или придать прозрачность какому-нибудь камню непрозрачному или вязкость стеклу, или способность роста тѣлу, этой способностью не обладающему, необходимо, говоримъ мы, разсмотрѣть, какое руководящее правило наиболѣе для этого желательно».

Научаютъ ли насъ эти предписанія производить наши эксперименты по точно установленнымъ правиламъ и ихъ классифицировать? Даютъ ли они намъ средства для классификаціи нашихъ наблюденій? Никоимъ образомъ. Опытъ производится безъ предвзятой мысли, наблюденія накопляются безъ всякаго плана, результаты, совершенно необработанные, заносятся въ таблицы, какъ факты положительные, факты отрицательные, степени или сравненія, исключенія или отрицанія, въ которыхъ французскій умъ не

усмотрѣлъ бы ничего, кромѣ безпорядочной кучи мало пригодныхъ документовъ. Правда, Бэконъ охотно выставляетъ опредѣленныя категоріи фактовъ, которымъ онъ отдаетъ предпочтеніе. Но этихъ категорій онъ не классифицируетъ, а только перечисляетъ; онъ не анализируетъ ихъ, чтобы объединить въ одинъ видъ всѣ, которыя не могутъ быть сведены одна къ другой, а онъ перечисляетъ двадцать семь видовъ и оставляетъ насъ въ полной неизвѣстности, почему онъ прекращаетъ перечисленіе на двадцать седьмомъ. Онъ не ищетъ точной формулы, которой характеризовалась бы и опредѣлялась каждая изъ этихъ категорій избранныхъ фактовъ, а онъ довольствуется тѣмъ, что онъ снабжаетъ ее названіемъ, вызывающимъ доступный воспріятію образъ: факты изолированные, переселеніе, факты показательные, тайные, пучекъ, факты пограничные и враждебные, союзы, крестъ, ссора, лампа, дверь, теченіе воды. Таковъ хаосъ, который люди—никогда не читавшіе Бэкона—противополагаютъ методу Декарта въ качествѣ метода Бэкона. Ни въ одномъ другомъ сочиненіи слабость англійскаго ума не обнаруживается такъ ясно сквозь прикрывающую ее широту ума.

Если умъ Декарта является характернымъ для всей философіи французской, то способность представленія, которую мы находимъ у Бэкона, его склонность къ конкретному и практическому, его незнаніе абстракціи и дедукціи и презрѣніе къ нимъ вошли въ плоть и кровь философіи англійской. «Локкъ [1]), Юмъ, Бентамъ и оба Милля одинъ за другимъ изложили философію опыта и наблюденія. Утилитарная мораль, индуктивная логика, ассоціаціонная психологія — вотъ тѣ великія пріобрѣтенія, которыя внесла англійская философія» въ сокровищницу общечеловѣческой мысли. Всѣ эти мыслители достигали своихъ цѣлей не столько при помощи общихъ разсужденій, сколько накопленіемъ примѣровъ. Вмѣсто того, чтобы строить цѣпь умозаключеній, они накопляли факты. Дарвинъ или Спенсеръ не вступаютъ со своими противниками въ ученый споръ, а они уничтожаютъ ихъ, побивая ихъ каменьями.

Эта противоположность между умомъ французскимъ и англійскимъ проявляется во всѣхъ произведеніяхъ ума человѣческаго, какъ и во всѣхъ проявленіяхъ жизни соціальной.

Есть ли большая противоположность, напримѣръ, чѣмъ проти-

---

[1]) A. Chevrillon: Sydney Smith et la renaissance des idées libérales en Angleterre au XIX siècle, стр. 90; Paris, 1894.

воположность между нашимъ французскимъ правомъ, сгруппированнымъ въ кодексы, въ которыхъ параграфы методически подведены подъ заглавія, выражающія вполнѣ ясно опредѣленныя абстрактныя понятія, и законодательствомъ англійскимъ, представляющимъ кучу законовъ и установленій обычнаго права, совершенно между собой несвязанныхъ и часто прямо противорѣчивыхъ, со времени Великой Хартіи во множествѣ накопившихся безъ всякаго плана, такъ что новыя вовсе не отмѣняли старыхъ? Англійскіе судьи ничуть не смущаются этимъ хаотическимъ состояніемъ законодательства, имъ не нуженъ ни какой-нибудь Потье, ни какой-нибудь Порталисъ, и безпорядокъ въ текстахъ, которыми имъ приходится пользоваться, ихъ вовсе не безпокоитъ. Потребность въ порядкѣ обнаруживаетъ узость ума, который, не будучи въ состояніи обнять многое однимъ взглядомъ, нуждается въ путеводителѣ, который могъ бы познакомить его съ каждымъ изъ элементовъ этого многаго одинъ за другимъ безъ упущенія и безъ повторенія.

Англичанинъ по существу своему консерваторъ. Онъ соблюдаетъ всѣ традиціи, каково бы ни было ихъ происхожденіе. Онъ безъ смущенія ставитъ рядомъ память о Кромвелѣ съ памятью о Карлѣ I. Исторію своей страны онъ представляетъ себѣ такой, какой она была въ дѣйствительности: въ видѣ ряда различныхъ и образующихъ контрасты фактовъ, гдѣ каждая политическая партія то добивалась успѣховъ, то терпѣла пораженіе, совершала и преступленія и славныя дѣла. Такая любовь къ традиціи, уважающая все прошлое, совершенно несовмѣстима съ узостью французскаго ума. Французу нравится исторія ясная и простая, развитая въ извѣстномъ порядкѣ и по извѣстному методу, когда всѣ событія вытекаютъ изъ политическихъ принциповъ, на которые она ссылается, такимъ же образомъ, какъ слѣдствія вытекаютъ изъ математической теоремы. Если дѣйствительность не даетъ ему такой исторіи, то тѣмъ хуже для этой дѣйствительности: онъ будетъ тогда искажать факты, одни устранять, другіе придумывать, ибо онъ предпочитаетъ имѣть романъ ясный и методически написанный, чѣмъ вѣрную правдѣ исторію, но спутанную и сложную.

Узость ума возбуждаетъ въ французѣ стремленіе къ ясности, порядку и опредѣленному методу, и эта любовь его къ ясности, порядку и методу заставляетъ его въ каждой области срывать и уничтожать все, завѣщанное прошлымъ, чтобы строить настоящее на совершенно ровномъ мѣстѣ. Декартъ, наиболѣе характерный, пожалуй, представитель французскаго ума, попытался сформулиро-

вать [1]) принципы, на которые ссылались всѣ люди, столь часто разрушавшіе цѣпь нашихъ традицій. «Такъ, постройки, предпринятыя и выполненныя однимъ архитекторомъ, бываютъ обыкновенно красивѣе и лучше расположены, чѣмъ постройки, которыя поправляли многіе и для которыхъ воспользовались старыми зданіями, предназначенными для другой цѣли. Такъ группы старыхъ домовъ, составлявшія нѣкогда небольшія селенія и съ теченіемъ времени превратившіяся въ крупные города, бываютъ гораздо хуже распредѣлены, чѣмъ дома, построенные однимъ инженеромъ на ровномъ мѣстѣ и по одному плану. Пусть нѣкоторыя отдѣльныя зданія являются образцомъ искусства, все же при взглядѣ на плохой порядокъ ихъ, на эту смѣну то большихъ, то маленькихъ зданій, на кривыя, извилистыя улицы, невольно скажешь, что скорѣе здѣсь хозяйничалъ случай, чѣмъ воля разумныхъ людей». Въ этомъ мѣстѣ великій философъ заранѣе превозноситъ вандализмъ, разрушившій въ эпоху Людовика XIV такое множество памятниковъ прошлыхъ столѣтій; онъ проповѣдуетъ Версаль.

Французъ представляетъ себѣ ходъ соціальной и политической жизни только какъ постоянное возрожденіе, какъ непрерывный рядъ революцій; англичане же видятъ въ немъ непрерывное развитіе. Тэнъ показалъ, какое рѣшительное вліяніе имѣлъ на исторію Франціи классическій духъ, т. е. сильный, но узкій умъ, которымъ одарено большинство французовъ. Въ такой же мѣрѣ нетрудно усмотрѣть въ ходѣ исторіи Англіи слѣды широкаго, но слабаго ума англійскаго народа [2]).

Мы разсмотрѣли въ различныхъ ихъ проявленіяхъ способность представлять себѣ много конкретныхъ фактовъ въ связи съ неспособностью постичь идеи абстрактныя и общія. Послѣ этого намъ не покажется удивительнымъ и то, что умы широкіе, но слабые создали свой типъ физическихъ теорій, противоположный типу, созданному умами сильными, но узкими. Не найдемъ мы также ничего удивительнаго и въ томъ, что этотъ новый типъ достигъ наибольшаго своего развитія въ произведеніяхъ «той великой англій-

---

[1]) Descartes: Discours de la Méthode.

[2]) Читатель найдетъ очень подробный, остроумный и хорошо обоснованный доказательствами анализъ широкаго и слабаго англійскаго ума въ книгѣ André Chevrillon; Sydney Smith et la renaissance des idées liberales en Angleterre au XIX siecle, Paris, 1894.

ской школы [1]) математической физики, работы которой образуютъ одно изъ наиболѣе славныхъ дѣлъ XIX вѣка».

§ V.—Англійская физика и механическая модель.

Когда французъ изучаетъ работы по физикѣ, опубликованныя въ Англіи, онъ на каждомъ шагу наталкивается на одинъ элементъ, возбуждающій сильнѣйшее его изумленіе. Элементъ этотъ, почти всегда сопутствующій изложенію теоріи, есть модель. Ничто не дѣлаетъ столь нагляднымъ различіе между англійскимъ способомъ построенія науки и французскимъ, какъ пользованіе этой моделью.

Передъ нами два наэлектризованныхъ тѣла. Нужно создать теорію взаимнаго ихъ притяженія или отталкиванія. Физикъ французскій или нѣмецкій, называется ли онъ Пуассонъ или Гауссъ, представляетъ себѣ во внѣшней средѣ этихъ тѣлъ нѣкоторую абстракцію, которую обозначаетъ названіемъ матеріальной точки, въ связи съ нѣкоторой другой абстракціей, которая называется электрическимъ зарядомъ. Затѣмъ онъ старается вычислить третью абстракцію—силу, дѣйствующую на матеріальную точку. Онъ даетъ формулы, дающія возможность опредѣлить величину и направленіе этой силы при всякомъ возможномъ положеніи этой матеріальной точки. Изъ этихъ формулъ онъ дѣлаетъ рядъ выводовъ. Онъ показываетъ, что въ каждой точкѣ пространства сила имѣетъ направленіе по касательной къ нѣкоторой опредѣленной линіи—къ силовой линіи. Далѣе онъ показываетъ, что всѣ силовыя линіи направлены перпендикулярно къ извѣстнымъ поверхностямъ, уравненіе которыхъ онъ даетъ,—къ поверхностямъ равнаго потенціала—и въ частности, что онѣ направлены перпендикулярно къ поверхностямъ двухъ электрическихъ проводниковъ, относящимся къ ряду поверхностей равнаго потенціала. Онъ вычисляетъ силу, дѣйствующую на каждый элементъ этихъ двухъ поверхностей, и, наконецъ, складываетъ всѣ эти элементарныя силы по правиламъ статики, и онъ знаетъ законы взаимнаго притяженія или отталкиванія двухъ электрическихъ тѣлъ.

Вся эта теорія электростатики представляетъ собою нѣкоторое сочетаніе абстрактныхъ понятій и общихъ положеній, сформулированныхъ въ ясныхъ и точныхъ выраженіяхъ геометріи и алгебры

[1]) O. Lodge: Les Théories modernes de l'Electricité. Essai d'une théorie nouvelle. Traduit de l'anglais et annoté par E. Meylan, стр. 3, Paris, 1891.

и связанныхъ между собою правилами строгой логики. Эта система вполнѣ удовлетворяетъ умъ французскаго физика, его стремленіе къ ясности, простотѣ и порядку.

У англичанина все обстоитъ иначе. Абстрактныя понятія матеріальной точки, силы, силовой линіи, поверхности равнаго потенціала не удовлетворяютъ его потребности представить себѣ конкретныя матеріальныя вещи, видимыя и осязательныя. «Покуда мы придерживаемся этого метода описанія, говоритъ одинъ англійскій физикъ [1]), мы не можемъ создать себѣ абстрактнаго представленія о явленіяхъ, происходящихъ въ дѣйствительности». Чтобы удовлетворить эту потребность, онъ создаетъ себѣ модель.

Французскій или нѣмецкій физикъ представляетъ себѣ въ пространствѣ, раздѣляющемъ два кондуктора, абстрактныя силовыя линіи, не имѣющія никакой толщины и вообще реально не существующія. Англійскій физикъ сейчасъ же матеріализуетъ эти линіи, придаетъ имъ толщину трубки, которую онъ изготовляетъ изъ вулканизированнаго каучука. Вмѣсто группы идеальныхъ силовыхъ линій, представляемыхъ только въ умѣ, къ его услугамъ пучекъ упругихъ нитей, видимыхъ и осязаемыхъ, которыя, упираясь своими двумя концами въ поверхности обоихъ кондукторовъ, находятся въ состояніи напряженія, стремясь къ сокращенію и одновременному утолщенію. Сближая оба кондуктора, онъ видитъ, какъ эти упругія нити сжимаются, онъ ясно видитъ, какъ каждая изъ нихъ сжимается и набухаетъ. Вотъ такова знаменитая модель электростатическихъ дѣйствій, придуманная Фарадеемъ, — модель, которую Максвелль и вся англійская школа превозноситъ, какъ произведеніе генія.

Пользованіе подобными механическими моделями, вызывающими въ памяти, при помощи извѣстныхъ болѣе или менѣе грубыхъ аналогій, частности излагаемой теоріи,—дѣло обычное въ англійскихъ работахъ по физикѣ. Одни ученые пользуются этимъ средствомъ не очень часто, другіе, напротивъ, прибѣгаютъ къ этимъ механическимъ описаніямъ на каждомъ шагу. Вотъ предъ нами книга [2]), въ которой излагаются современныя теоріи электричества. На каждомъ шагу вы находите здѣсь веревки, переброшенныя черезъ блоки, продѣтыя сквозь небольшія кольца и носящія тяжести, трубки, изъ которыхъ однѣ насасываютъ воду, другія набухаютъ, стягиваются и растягиваются, зубчатыя колеса, сцѣпленныя между

[1]) O. Lodge: Op. cit., стр 16.

[2]) O. Lodge: Op. cit. passim.

собой или съ зубчатыми стержнями. Мы надѣялись попасть въ мирное и заботливо упорядоченное хозяйство дедуктивнаго разума, а попали на какой-то заводъ.

Пользованіе подобными механическими моделями вовсе не облегчаетъ читателю-французу усвоеніе теоріи. Напротивъ того, въ лучшемъ случаѣ ему приходится затратить не мало силъ, чтобы понять функцію аппарата, порой весьма сложнаго, который описываетъ ему англійскій авторъ, и уразумѣть аналогіи между свойствами этого аппарата и положеніями теоріи, которую онъ долженъ иллюстрировать. Часто онъ тратитъ на это больше силъ, чѣмъ ему пришлось бы затратить, чтобы понять абстрактную теорію, которую аппаратъ долженъ воспроизвести во всей ея чистотѣ.

Напротивъ того, англичанинъ считаетъ пользованіе моделью совершенно необходимымъ для изученія физики, и видъ модели чуть ли не смѣшивается для него въ одно непрерывное цѣлое со смысломъ самой теоріи. Удивительно то, что то же смѣшеніе вида модели со смысломъ теоріи было формально признано и провозглашено ученымъ, который въ настоящее время представляетъ собой наивысшее воплощеніе научнаго генія англичанъ. Мы говоримъ объ ученомъ, давно прославившемъ свое имя Уилльяма Томсона и возведенномъ въ перы подъ именемъ лорда Кельвина.

«Цѣль моя, говоритъ, У. Томсонъ въ своихъ лекціяхъ по молекулярной динамикѣ [1]), показать, какъ къ каждой категоріи физическихъ явленій, подлежащихъ нашему разсмотрѣнію, можно построить, какова бы ни была природа этихъ явленій, механическую модель, удовлетворяющую поставленнымъ условіямъ. Когда мы изучаемъ явленія упругости твердыхъ тѣлъ, мы чувствуемъ потребность представить себѣ модель этихъ явленій. Въ другой разъ мы разсматриваемъ свѣтовыя колебанія и намъ нужна модель тѣхъ дѣйствій, которыя проявляются въ соотвѣтствующихъ фактахъ. Мы чувствуемъ потребность связать съ этой моделью наше пониманіе всей совокупности соотвѣтственныхъ явленій. Мнѣ кажется, что когда мы спрашиваемъ себя, понимаемъ ли мы, или не понимаемъ соотвѣтственной физической проблемы, то смыслъ этого вопроса таковъ: въ состояніи ли мы построить соотвѣтственную механическую модель? Я крайне изумленъ и восхищенъ ме-

---

[1]) W. Thomson: Lectures on molecular Dynamics, and the Wawe—Theory of Light. John Hopkins University, Baltimore, 1884, стр. 131. См. также: Sir W. Thomson (lord Kelvin); Conférences scientifiques et allocutions, trad. par P. Lugol et annotées par M. Brillouin: Constitution de la matiére, Paris, 1893.

ханической моделью электромагнитной индукціи, которой мы обязаны Максвеллю. Онъ создалъ модель, на которой можно воспроизвести всѣ удивительныя дѣйствія, вызываемыя электричествомъ посредствомъ инуктированныхъ токовъ и т. д. Нѣтъ никакого сомнѣнія, что подобнаго рода механическая модель чрезвычайно поучительна и представляетъ собой вполнѣ опредѣленный шагъ впередъ къ созданію ясной и опредѣленной механической теоріи электромагнитныхъ явленій».

«Изучая какой нибудь предметъ, говоритъ еще У. Томсонъ въ другомъ мѣстѣ [1]), я никогда не чувствую удовлетворенія, покуда я не могу построить соотвѣтственной механической модели. Когда я могу построить механическую модель, я понимаю; когда же я не въ состояніи построить соотвѣтственную механическую модель, я не понимаю; и по этой причинѣ я не понимаю электромагнитной теоріи свѣта. Я твердо вѣрю въ электромагнитную теорію свѣта. Когда мы будемъ понимать электричество, магнитизмъ и свѣтъ, мы будемъ разсматривать ихъ, какъ части одного цѣлаго. Но я желалъ бы понимать свѣтъ возможно лучше, не вводя вещей, которыя я еще меньше понимаю. И вотъ почему я обращаюсь къ чистой динамикѣ: только въ чистой динамикѣ я могу найти модель, но не въ электромагнитизмѣ».

Понимать физическое явленіе значитъ для физиковъ англійской школы построить модель, воспроизводящую это явленіе. Слѣдовательно, понимать природу матеріальныхъ вещей значитъ для нихъ представить себѣ механизмъ, работа котораго воспроизводила бы свойства тѣлъ или подражала бы имъ. Англійская школа находится всецѣло подъ вліяніемъ мысли чисто механическихъ объясненіяхъ физическихъ явленій.

Чисто абстрактная теорія, провозглашенная Ньютономъ и подробно изученная нами выше, представляется адептамъ этой школы мало понятной.

«Есть, пишетъ У. Томсонъ [2]), другая группа теорій, имѣющихъ своей основой небольшое число обобщеній данныхъ опыта. Теоріи эти въ настоящее время весьма распространены. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ онѣ дали новые и важные результаты, подтвержденные впослѣдствіи на опытѣ. Таковы динамическая теорія теплоты, волнообразная теорія свѣта и т. д. Въ основѣ первой

---

[1]) W. Thomson: Lectures on molecular Dynamics, стр. 270.

[2]) W. Thomson and P. G. Tait: Treatise on natural Philosophy, vol. 1, 1 part., art. 385.

теоріи лежитъ та, исходящая изъ данныхъ опыта, мысль, что теплота есть одна изъ формъ энергіи. Мы находимъ въ ней не мало формулъ, въ настоящее время довольно темныхъ и не поддающихся интерпретаціи, ибо мы не знаемъ движеній и деформацій молекулъ... Съ той же трудностью мы встрѣчаемся и въ теоріи свѣта. Но для того чтобы этотъ мракъ совершенно разсѣялся, мы должны кое-что знать о послѣднемъ или молекулярномъ строеніи тѣлъ или группъ молекулъ; до настоящаго же времени молекулы намъ знакомы только въ формѣ аггрегатовъ».

Эта склонность къ объяснительнымъ и механическимъ теоріямъ не достаточна, конечно, для того, чтобы служить отличительнымъ признакомъ англійскихъ теорій отъ научныхъ традицій, процвѣтающихъ въ другихъ странахъ. Механическія теоріи нашли наиболѣе ясное свое выраженіе у генія французской крови, у Декарта. Голландецъ Гюйгенсъ и швейцарская школа братьевъ Бернулли боролись за строгую чистоту принциповъ атомистики. Школа англійская отличается отъ другихъ не попытками свести матерію къ механизму, а спеціальной формой, въ которой эти попытки дѣлались.

Вездѣ, гдѣ механическія теоріи пускали корни, вездѣ, гдѣ онѣ развивались, онѣ обязаны были непосредственнымъ своимъ зарожденіемъ и развитіемъ слабой способности къ абстракціи, побѣдѣ силы представленія надъ разумомъ—въ этомъ не можетъ быть ни малѣйшаго сомнѣнія. Если Декартъ и послѣдовавшіе за нимъ философы не приписывали матеріи никакихъ другихъ свойствъ, кромѣ чисто геометрическихъ или кинематическихъ, то это произошло потому, что такія свойства были скрыты, что они не были доступны представленію. Сведеніе матеріи къ геометріи великими мыслителями XVII столѣтія ясно доказываетъ, что склонность къ глубокимъ метафизическимъ абстракціямъ ослабѣла въ эту эпоху, истощившись въ эксцессахъ пришедшей въ упадокъ схоластики.

Но эта склонность къ абстракціи могла лишь ослабѣть у великихъ физиковъ Франціи, Голландіи, Швейцаріи и Германіи, но она никогда не замирала совершенно. Правда, гипотеза, что все въ матеріальной природѣ можетъ быть сведено къ геометріи и кинематикѣ, есть побѣда воображенія надъ разумомъ. Но уступивъ въ этомъ существенномъ пунктѣ, разумъ вступаетъ, по крайней мѣрѣ, въ свои права, когда дѣло идетъ о выводѣ слѣдствій, о построеніи механизма, который долженъ изображать матерію. Свойства этого механизма должны логически вытекать изъ гипотезъ,

принятыхъ въ качествѣ основъ космологической системы. Такъ, Декартъ, напримѣръ, и за нимъ Мальбраншъ, стараются послѣ того, какъ они приняли положеніе, что сущность матеріи есть протяженность, вывести отсюда, что природа матеріи вездѣ одна и та же, что не можетъ быть нѣсколькихъ, отличныхъ другъ отъ друга матеріальныхъ субстанцій, что различныя части матеріи могутъ различаться между собой исключительно по формѣ и движеніямъ, что равное количество матеріи занимаетъ всегда равное пространство, такъ что матерія не сжимаема. И они пытаются логически построить систему, объясняющую явленія природы исключительно при помощи этихъ двухъ элементовъ: формы находящихся въ движеніи частей и движенія, которое эти части выполняютъ.

Итакъ, построеніе механизма, который служилъ бы для объясненія законовъ физики, подчинено опредѣленнымъ логическимъ условіямъ и должно соотвѣтствовать извѣстнымъ принципамъ. Но этого мало: тѣла, изъ которыхъ строится этотъ механизмъ, совсѣмъ не похожи на видимыя и конкретныя тѣла, которыя мы постоянно наблюдаемъ и держимъ въ рукахъ. Они состоятъ изъ матеріи абстрактной, идеальной, опредѣляющейся принципами космологіи, изъ которой исходитъ физикъ, — матеріи, не доступной нашимъ чувствамъ, видимой и осязательной только для нашего разума, — матеріи картезіанской, которая есть только протяженность и движеніе, или матеріи атомистической, не имѣющей никакихъ другихъ свойствъ, кромѣ формы и твердости.

Когда же англійскій физикъ ищетъ модели для воспроизведенія группы физическихъ законовъ, его не интересуетъ никакой принципъ космологическій, онъ не сообразжается ни съ какимъ логическимъ требованіемъ. Онъ не старается вывести свою модель изъ какой нибудь философской системы, ни даже привести ее въ согласіе съ таковой. У него одна только цѣль: создать видимое и осязательное изображеніе абстрактныхъ законовъ, которыхъ безъ помощи этой модели его умъ постичь не можетъ. Если его механизмъ достаточно конкретенъ, достаточно ясенъ для воображенія, его мало заботитъ, окажется ли онъ удовлетворительнымъ съ точки зрѣнія атомистической космологіи и не будетъ ли онъ осужденъ съ точки зрѣнія принциповъ картезіанской философіи.

Англійскій физикъ не обращается ни къ какой метафизикѣ за элементами, изъ которыхъ онъ могъ бы построить свой механизмъ. Онъ не задается вопросомъ о не сводимыхъ далѣе свойствахъ послѣднихъ элементовъ матеріи. У. Томсомъ, напримѣръ, никогда не

задается философскими вопросами, вродѣ слѣдующихъ: не прерывна ли матерія или она состоитъ изъ индивидуальныхъ элементовъ? измѣнчивъ ли или не измѣнчивъ объемъ послѣдняго элемента матеріи? каковы дѣйствія атома, происходятъ ли они на разстояніи или только при прикосновеніи? Такіе вопросы вовсе и не возникаютъ въ его умѣ, а если они и возникаютъ, онъ отбрасываетъ ихъ, какъ вопросы праздные и вредные для развитія науки.

«Идея атома, говоритъ онъ [1]), постоянно связывается съ недопустимыми допущеніями, каковы допущенія безконечной твердости, абсолютной неупругости, мистическихъ дѣйствій на разстояніи, недѣлимости. Вслѣдствіе этого въ наше время химики и немалое число другихъ разумныхъ естество-испытателей потеряли съ этимъ атомомъ всякое терпѣніе и совершенно изгнали его въ царство метафизики. Они сдѣлали изъ него нѣчто такое, что **гораздо меньше всего того, что можетъ быть постигнуто.** Но если атомъ непостижимо малъ, то почему химическіе процессы не происходятъ съ безконечной быстротой? Химія не въ состояніи рѣшать этотъ вопросъ, какъ и множество другихъ проблемъ, еще болѣе важнаго значенія. Она стиснута неподвижностью своихъ основныхъ предпосылокъ, мѣшающихъ ей разсматривать атомъ, какъ реальную часть матеріи, занимающую конечное пространство, имѣющую размѣры, поддающіеся измѣренію, и служащую для построенія всѣхъ осязаемыхъ тѣлъ».

Тѣла, изъ которыхъ англійскій физикъ строитъ свои модели, не абстрактныя представленія, созданныя метафизикой. Нѣтъ, это конкретныя тѣла, сходныя съ тѣми, которыя насъ окружаютъ, они тверды или жидки, сгибаемы или несгибаемы, летучи или вязки. И эту твердость, летучесть, упругость, гибкость или вязкость нѣтъ надобности понимать, какъ абстрактныя свойства, опредѣленіе которыхъ вытекало бы изъ той или другой космологіи. Свойства эти никогда не опредѣляются, а только представляются при помощи доступныхъ воспріятію образовъ: твердость вызываетъ образъ глыбы стали, гибкость—образъ шелковичнаго кокона, вязкость—образъ глицерина. Чтобы возможно осязательнѣе представить конкретный характеръ тѣлъ, изъ которыхъ онъ строитъ свои механизмы, У. Томсонъ готовъ ихъ обозначить самыми употребительными выраженіями; онъ говоритъ о сонеткѣ, шнуркѣ, студнѣ. Врядъ

---

[1]) W. Thomson: The Size of Atoms, Nature, 1870.—Réimprimé dans Thomson and Tait: Treatise an Natural Philosophy, II e part., app. F.

ли возможно яснѣе показать, что дѣло идетъ здѣсь не объ обобщеніяхъ, которыя должны быть поняты разумомъ, а о механизмахъ, которые нужно видѣть въ воображеніи.

Врядъ ли также можно яснѣе показать, что модели, съ которыми онъ насъ знакомитъ, не должно разсматривать, какъ объясненія законовъ природы. Кто предписывалъ бы имъ такой смыслъ, того ожидали бы удивительныя неожиданности.

Навіэ и Пуассонъ выставили теорію упругости кристаллическихъ тѣлъ; тѣла эти въ общемъ характеризуются восемнадцатью различными другъ отъ друга коэффиціентами [1]). У. Томсонъ пытается иллюстрировать эту теорію съ помощью механической модели. «Мы тогда только могли считать себя удовлетворнными, говоритъ онъ [2]), когда намъ удалось создать модель съ восемнадцатью независимыми модулями». Модель эта состоитъ изъ восьми твердыхъ шаровъ, помѣщенныхъ на восьми вершинахъ параллепипеда и связанныхъ другъ съ другомъ достаточнымъ числомъ упругихъ нитей. Сильное разочарованіе ожидало бы того, кто надѣялся бы, что видъ этой модели дастъ ему объясненіе законовъ упругости. Дѣйствительно, какъ объясняется упругость этихъ нитей? И эту модель великій физикъ не приводитъ въ качествѣ объясненія «Хотя молекулярное строеніе твердыхъ тѣлъ, предположенныхъ въ нашихъ разсужденіяхъ и механически воспроизведенныхъ въ нашей модели, и не должно разсматриваться, какъ нѣчто, вполнѣ точно осуществленное въ природѣ, тѣмъ не менѣе построеніе механической модели этого рода, безъ сомнѣнія, весьма поучительно».

§ VI.—Англійская школа и математическая физика.

Паскаль вполнѣ правильно замѣтилъ, что широта ума есть способность, играющая извѣстную роль во многихъ геометрическихъ изслѣдованіяхъ. Но въ еще большей мѣрѣ она есть способность, характеризующая геній ученаго, занимающагося чистой алгеброй. Дѣло такого ученаго—не анализъ абстрактныхъ понятій, не изслѣдованіе допустимости тѣхъ или другихъ общихъ прин-

---

1) По крайней мѣрѣ, согласно У. Томсону. Въ дѣйствительности Навіэ разсматривалъ только изотропныя тѣла. Согласно теоріи Пуассона, упругость кристаллическаго тѣла зависитъ только отъ 15 коэффиціентовъ. Принципы теоріи Навіэ, примѣненные къ тѣламъ кристаллическимъ, приводятъ къ тѣмъ же результатамъ.

2) W. Thomson. Lectures on molecular Dynamics, стр. 131.

циповъ, а удачныя, образованныя на основанiи твердо установленныхъ правилъ, комбинацiи знаковъ, которые могутъ быть записаны перомъ. Чтобы стать великимъ ученымъ въ этой области вовсе не нужна особая сила мышленiя: достаточна для этого большая широта ума. Ловкость въ алгебраическихъ вычисленiяхъ есть не даръ разума, а признакъ большой способности воображенiя.

Нѣтъ, поэтому, ничего удивительнаго въ томъ, что способность къ алгебрѣ—явленiе весьма распространенное среди англiйскихъ математиковъ. Она обнаруживается не только въ числѣ очень выдающихся ученыхъ, образующихъ англiйскую школу, но и въ склонности англичанъ къ различнаго рода вычисленiямъ при помощи символовъ.

Пару словъ въ объясненiе этого явленiя.

Человѣкъ съ умомъ не широкимъ лучше будетъ играть въ шашки, чѣмъ въ шахматы. Играя въ шашки, онъ въ своихъ комбинацiяхъ имѣетъ дѣло только съ двумя элементами, съ пѣшками и дамками, и правила, которыми онъ долженъ руководствоваться, весьма просты. Другое дѣло—игра въ шахматы: здѣсь столько же различныхъ элементарныхъ операцiй, сколько видовъ фигуръ и нѣкоторыя изъ этихъ операцiй, напримѣръ, ходъ конемъ, такъ сложны, что человѣкъ со слабой способностью воображенiя, не можетъ не запутаться.

То же различiе, существующее между игрой въ шашки и игрой въ шахматы, существуетъ между классической алгеброй, которую всѣ примѣняютъ, и различными видами алгебраической символики, возникшими въ теченiе XIX столѣтiя. Классическая алгебра пользуется немногими лишь элементарными операцiями, которыя изображаются спецiальными символами, и каждая изъ этихъ операцiй довольно проста. Сложное алгебраическое вычисленiе есть нечто иное, какъ длинный рядъ этихъ немногихъ элементарныхъ операцiй, въ которыхъ оперируешь все одними и тѣми же знаками. Задачи символической алгебры—сократить эти вычисленiя. Для осуществленiя этой цѣли она къ элементарнымъ операцiямъ классической алгебры присоединяетъ другiя, которыя она разсматриваетъ, какъ элементарныя, которыя она обозначаетъ спецiальными символами и каждая изъ которыхъ есть выполненная по твердо установленнымъ правиламъ комбинацiя, сочетанiе операцiй, заимствованныхъ изъ старой алгебры. Въ алгебрѣ символической можно почти сразу одной только операцiей сдѣлать вычисленiе, которое въ старой алгебрѣ потребовало бы длиннаго ряда вспомогатель-

ныхъ вычисленій. Но для этого приходится пользоваться весьма большимъ числомъ различныхъ знаковъ, каждый изъ которыхъ связанъ весьма сложнымъ правиломъ. Вмѣсто игры въ шашки играютъ какъ бы въ шахматы, гдѣ каждая изъ различныхъ фигуръ имѣетъ свой особый ходъ.

Ясно, что склонность къ символической алгебрѣ есть признакъ широты ума и что она должна быть особенно распространенной именно у англичанъ.

Это предрасположеніе англійскаго ума къ обобщеннымъ алгебраическимъ вычисленіямъ, можетъ быть, не выступало бы такъ ясно, если бы мы ограничились перечисленіемъ математиковъ, создавшихъ эту систему вычисленій. Англійская школа съ гордостью могла бы указать на придуманные Гамильтономъ кватерніоны, но французы могли бы противопоставить этому теорію ключей Коши, а нѣмцы—ученіе о протяженіи Грасманна. Въ этомъ нѣтъ ничего удивительнаго: у каждой націи могутъ быть мыслители съ широкимъ умомъ.

Однако, только у англичанъ широкій умъ—явленіе частое, привычное, особенно для нихъ характерное. И различные виды алгебраической символики, вычисленіе при помощи кватерніоновъ, какъ и векторный анализъ только у англійскихъ ученыхъ находятъ широкое примѣненіе. Вы найдете этотъ сложный сокращенный языкъ въ большинствѣ англійскихъ сочиненій по математикѣ. Математики французскіе или нѣмецкіе неохотно пользуются этимъ языкомъ. Они никогда не умѣютъ бѣгло пользоваться имъ, ни даже продумать его непосредственно въ формахъ, изъ которыхъ онъ состоитъ. Чтобы слѣдить за вычисленіемъ, выполненнымъ при помощи кватерніоновъ или векторнаго анализа, они вынуждены перевести спачала ихъ языкъ на языкъ классической алгебры. Одинъ изъ французскихъ математиковъ, наиболѣе основательно изучившій различные виды символическихъ вычисленій, Пауль Моренъ, сказалъ мнѣ однажды: «Я никогда не увѣренъ вполнѣ въ правильности результата, полученнаго при помощи кватерніоновъ, покуда не провѣрю его при помощи нашей старой картезіанской алгебры».

Если англійскіе физики часто пользуются различными видами символической алгебры, то въ этомъ нельзя не усмотрѣть проявленіе широты ихъ ума. Математическая теорія получаетъ при этомъ, правда, своеобразную оболочку, но сущность ея не получаетъ особой физіономіи. Стоитъ удалить эту оболочку, чтобы можно было одѣть эту теорію въ оболочку классической алгебры.

Но во многихъ случаяхъ недостаточно еще перемѣны оболочки, чтобы скрыть англійское происхожденіе теоріи математической физики, чтобы можно было принять ее за теорію французскую или нѣмецкую. Нѣтъ, англичане—и это всегда нетрудно узнать—при построеніи физической теоріи не всегда приписываютъ математикѣ ту же роль, что ученые континента.

Для француза или нѣмца физическая теорія есть по существу своему система логическая: совершенно правильныя дедукціи объединяютъ гипотезы, на которыхъ покоится теорія, съ выводами, которые можно изъ нихъ сдѣлать и которые хотятъ сравнить съ экспериментально установленными законами. Если ученый прибѣгаетъ къ помощи алгебраическаго вычисленія, то онъ дѣлаетъ это для того, чтобы легче было пользоваться цѣпью силлогизмовъ, которая должна связать выводы съ гипотезами. Но въ правильно построенной теоріи никогда не должна быть упущена изъ виду эта чисто вспомогательная роль алгебры. Вездѣ должна чувствоваться возможность замѣнить вычисленіе чисто логическимъ разсужденіемъ, сокращеннымъ выраженіемъ котораго оно является. Для того, чтобы эта подстановка могла быть выполнена точно и вполнѣ правильно, должно существовать точное и строгое соотвѣтствіе между символами, буквами, изъ которыхъ состоитъ алгебраическое вычисленіе, и свойствами, измѣреніемъ которыхъ занимается физикъ, между основными уравненіями, служащими исходнымъ пунктомъ для аналитика, и гипотезами, лежащими въ основѣ теоріи.

Такъ, и всѣ ученые во Франціи и Германіи, создавшіе основы математической физики, такіе ученые, какъ Лапласъ, Фурье, Коши, Амперъ, Гауссъ, Францъ Нейманнъ, съ чрезвычайной заботливостью работали надъ постройкой моста, который соединилъ бы исходный пунктъ теоріи съ путемъ, на которомъ должно было происходить развитіе алгебры. Они работали надъ опредѣленіемъ величинъ, которыми она будетъ оперировать, и подтвержденіемъ гипотезъ, изъ которыхъ будутъ сдѣланы соотвѣтствующіе выводы. Отсюда тѣ введенія, образцы ясности и метода, которыя мы находимъ въ началѣ большинства ихъ научныхъ работъ.

Эти введенія къ уравненіямъ физической теоріи вы никогда почти не найдете въ сочиненіяхъ англійскихъ авторовъ.

Хотите наглядный примѣръ?

Къ электродинамикѣ проводящихъ тѣлъ, созданной Амперомъ, Максвелль добавилъ новую электродинамику, электродинамику тѣлъ діэлектрическихъ. Эта часть физики исходитъ изъ разсмотрѣнія

элемента, по существу своему новаго, названнаго—довольно неудачно, впрочемъ—токомъ перемѣщенія (courant de deplacent). Онъ былъ введенъ въ дополненіе къ опредѣленію свойствъ діэлектрика въ какой-нибудь данный моментъ—свойствъ, недостаточно опредѣленныхъ въ этотъ моментъ одними данными поляризаціи,—какъ проводящій токъ былъ присоединенъ къ электрическому заряду въ дополненіе опредѣленія измѣнчиваго состоянія проводника. Оба тока обнаруживаютъ близкія аналогіи, но и глубокія различія. Съ введеніемъ этого новаго элемента электродинамика потерпѣла полное преобразованіе: намѣтились явленія, о существованіи которыхъ опытная наука даже не подозрѣвала, которыя открыты были Герцемъ лишь двадцать лѣтъ спустя; возникла новая теорія распространенія электрическихъ дѣйствій въ непроводящихъ средахъ, и эта теорія привела къ совершенно неожиданной интерпретаціи оптическихъ явленій, къ электромагнитной теоріи свѣта.

Прежде чѣмъ ввести въ свои уравненія этотъ новый, непредвидѣнный раньше элементъ, столь плодотворный неожиданными и важными послѣдствіями, Максвелль, надо бы думать, подвергъ его самому тщательному, самому строгому опредѣленію и анализу. Но откройте книгу, въ которой Максквелль изложилъ свою новую теорію электромагнитнаго поля и въ оправданіе введенія новаго элемента въ электродинамическія уравненія вы найдете только слѣдующія строки:

«Измѣненія электрическаго перемѣщенія должны быть прибавлены къ токамъ, чтобы получить полное движеніе электричества»,

Чѣмъ же объясняется это почти полное отсутствіе опредѣленія, даже когда дѣло идетъ о новѣйшихъ и важнѣйшихъ элементахъ? Чѣмъ объясняется это равнодушное отношеніе къ уравненіямъ физической теоріи? Отвѣтъ на этотъ вопросъ, кажется, ясенъ самъ собой: въ то время, какъ для физика французскаго или нѣмецкаго алгебраическая часть теоріи должна точно замѣнять рядъ силлогизмовъ, которыми эта теорія развилась, она для физика англійскаго играетъ роль модели. Она представляетъ собой доступный вображенію рядъ знаковъ, измѣненія которыхъ, происходящія по правиламъ алгебры, болѣе или менѣе вѣрно воспроизводятъ законы подлежащихъ изученію явленій, какъ ихъ воспроизводилъ бы рядъ различныхъ тѣлъ, движущихся, согласно законамъ механики.

Поэтому, если французскій или нѣмецкій физикъ вводитъ опредѣленія, которыя позволили бы ему замѣнить логическій выводъ алгебраическимъ вычисленіемъ, то онъ долженъ соблюдать вели-

чайшую осторожность, подъ угрозой поколебать ту строгую точность, которая требуется въ его выводахъ. Когда же У. Томсонъ предлагаетъ механическую модель какой-нибудь группы явленій, онъ не затрудняетъ себя строго логическими разсужденіями для обоснованія точнаго соотвѣтствія между этой группой конкретныхъ тѣлъ и физическими законами, которые она должна представлять. Воображеніе, которое только и должна заинтересовать модель, вотъ единственный судья сходства, существующаго между образомъ и вещью, которую онъ представляетъ. Вотъ такъ же поступаетъ и Максвелль, предоставляя интуитивной способности воображенія сравнивать физическіе законы съ алгебраической моделью, которая должна ихъ представлять. Не останавливаясь на этомъ сравненіи, онъ слѣдитъ за работой модели. Онъ комбинируетъ электродинамическія уравненія, большей частью не заботясь о соотвѣтствіи каждой изъ этихъ комбинацій физическимъ законамъ.

Такая трактовка математической физики приводитъ французскаго или нѣмецкаго физика большей частью въ полное замѣшательство: ему и въ голову не приходитъ, что передъ нимъ просто модель, которая должна дѣйствовать на его воображеніе, но не на его умъ. Онъ не перестаетъ искать въ алгебраическихъ преобразованіяхъ рядъ дедуктивныхъ умозаключеній, которыя вели бы отъ ясно формулированныхъ гипотезъ къ выводамъ, способные быть подтверждены опытомъ, и, не найдя ихъ, онъ со страхомъ спрашиваетъ себя, что же собственно представляетъ собой теорія Максвелля? Человѣкъ, проникшій въ духъ математической физики англичанъ, отвѣтитъ ему на это, что въ ней и нѣтъ ничего аналогичнаго теоріи, которую онъ ищетъ, а есть только алгебраическія формулы, поддающіяся различнымъ комбинаціямъ и преобразованіямъ. «На вопросъ, что такое теорія Максвелля, говоритъ Г. Герцъ[1]), я не сумѣлъ бы дать болѣе краткаго и опредѣленнаго отвѣта, чѣмъ слѣдующій: теорія Максвелля есть система уравненій Максвелля».

§ VII.—Англійская школа и логическое построеніе теоріи.

Созданныя великими математиками континента—будь то французы или нѣмцы, голландцы или швейцарцы—теоріи могутъ быть раздѣлены на двѣ большія категоріи: на теоріи объяснительныя и

[1]) H. Herz: Untersuchungen über die Ausbreitung der electrischen Kraft, Einleitende Uebersicht, стр. 23, Leipzig, 1892.

чисто описательныя. Но обѣ эти категоріи обнаруживаютъ одну общую характерную черту: онѣ претендуютъ быть системами, построенными по правиламъ строгой логики. Какъ созданія разума, не пугающагося ни глубокихъ абстракцій, ни длинныхъ дедукцій, но добивающагося прежде всего порядка и ясности, въ теоріяхъ этихъ чувствуется одно стремленіе—чтобы рядъ положеній ихъ отъ перваго до послѣдняго, отъ основныхъ гипотезъ и до вытекающихъ изъ нихъ послѣдствій, подлежащихъ сравненію съ фактами опыта, характеризовался совершенно безупречнымъ методомъ.

Изъ этого метода развились тѣ великолѣпныя системы природы, которыя утверждаютъ, что онѣ придали физикѣ совершенную форму эвклидовой геометріи. Взявъ въ качествѣ основы опредѣленное число весьма ясныхъ постулатовъ, онѣ пытаются создать строго правильную конструкцію, въ которой каждый экспериментально установленный законъ занимаетъ свое точно ему принадлежащее мѣсто. Таковъ былъ постоянный идеалъ абстрактныхъ умовъ и въ частности французскаго генія, отъ «Принциповъ Философіи» Декарта вплоть до того дня, когда Лапласъ и Пуассонъ построили на основѣ своей гипотезы притяженія свое обширное зданіе «физической механики». Въ стремленіи къ этому идеалу французскій геній создалъ памятники, простыя линіи и грандіозныя пропорціи которыхъ вызываютъ изумленіе и по сей день, когда, получая отовсюду потрясенія, они поколеблены до самыхъ своихъ основаній.

Это единство теоріи, эта логическмя связь всѣхъ ея частей суть столь естественныя, столь логическія послѣдствія идеи, которую составляетъ себѣ сильный умъ о физической теоріи, что нарушеніе этого единства или разрывъ въ цѣпи есть нарушеніе принциповъ логики, приводитъ къ абсурду.

Но совсѣмъ не такъ обстоитъ дѣло для широкаго, но слабаго ума англійскаго физика.

Теорія для него—не объясненіе и не раціональная классификація физическихъ законовъ, а модель этихъ законовъ. Не для удовлетворенія требованій разума, а для воображенія она строится. Вслѣдствіе этого она свободна отъ велѣній логики. Англійскій физикъ можетъ построить одну модель, которая воспроизводила бы одну группу законовъ, и другую модель, совершенно отличную отъ первой, для другой группы законовъ, и онъ можетъ это сдѣлать даже въ томъ случаѣ, когда нѣкоторые изъ этихъ законовъ общи обѣимъ группамъ. Геометръ изъ школы Лапласа или Ампера счи-

талъ бы абсурдомъ давать одному и тому же закону два различныхъ теоретическихъ объясненія и утверждать, что правильны оба. Физикъ изъ школы Томсона или Максвелля не видитъ никакого противорѣчія, если одинъ и тотъ же законъ фигурируетъ въ въ двухъ различныхъ моделяхъ. Болѣе того, усложненіе, введенное такъ въ науку, ничуть не смущаетъ англичанина, а скорѣе представляетъ даже для него прелесть разнообразія: воображеніе его, гораздо болѣе сильное, чѣмъ наше, не знаетъ нашей потребности въ порядкѣ и простотѣ; оно легко разбирается тамъ, гдѣ наше воображеніе спутывается.

Отсюда эта неравномѣрность, это отсутствіе связи, эти противорѣчія въ англійскихъ теоріяхъ, которыя мы судимъ слишкомъ строго, потому что мы ищемъ строго раціональную систему тамъ, гдѣ авторъ хотѣлъ намъ дать лишь плодъ своего воображенія.

Возьмемъ, напримѣръ, рядъ лекцій [1]) У. Томсона о молекулярной динамикѣ и волнообразной теоріи свѣта. Перелистывая книгу и прочитывая примѣчанія къ ней, читатель—французъ надѣется найти въ ней собраніе ясно формулированныхъ гипотезъ о строеніи эфира и вѣсомой матеріи, рядъ методически выведенныхъ изъ этихъ гипотезъ вычисленій, точное соотвѣтствіе между выводами изъ этихъ вычисленій и фактами опыта. Велико будетъ его разочарованіе, но не долговременно его заблужденіе! У. Томсонъ вовсе не желалъ построить такой строго логической теоріи; онъ желалъ только [2]) разсмотрѣть различные классы экспериментально установленныхъ законовъ и для каждаго изъ этихъ классовъ построить механическую модель. Построивъ столько различныхъ моделей, сколько есть различныхъ категорій явленій, онъ хотѣлъ изобразить роль въ этихъ явленіяхъ матеріальной молекулы.

Нужно ли изобразить свойства упругости въ кристаллическомъ тѣлѣ [3])? Матеріальная молекула изображается въ видѣ восьми массивныхъ шаровъ, помѣщенныхъ на углахъ параллелепипеда и связан-

---

[1]) W. Thomson: Notes of lectures on molecular Dynamics and the Wawe Theory of Light, Baltimore, 1884. Можно также пользоваться слѣдующимъ сочиненіемъ: Sir W. Thomson (lord Kelvin): Conférences scientifiques et allocutions (Переводъ и примѣчанія ко II изд. P. Lugol'a); та же книга съ извлеченіями изъ новѣйшихъ сочиненій У. Томсона и нѣкоторыми примѣчаніями издана въ переводѣ M. Brillouin'a подъ заглавіемъ: Constitution de la Matière, Paris, Gauthier—Villars, 1893.

[2]) W. Thomson: Loc. cit., стр. 132.

[3]) W. Thomson: Loc. cit., стр. 127.

ныхъ между собой болѣе или менѣе большимъ числомъ упругихъ нитей.

Нужно сдѣлать доступной для воображенія теорію разсѣянія свѣта? Матеріальная молекула представляется [1]) тогда состоящей изъ извѣстнаго числа шарообразныхъ, твердыхъ, концентрическихъ оболочекъ, удерживаемыхъ упругими нитями въ сходномъ положеніи. Куча такихъ маленькихъ механизмовъ разсѣяна въ эфирѣ. Послѣдній [2]) есть однородное, несжимаемое тѣло, для очень быстрыхъ колебаній твердое, а для дѣйствій большей продолжительности совершенно мягкое. Онъ похожъ на студень или глицеринъ [3]).

Угодно вамъ модель, которая могла бы изобразить круговую поляризацію? Матеріальныя молекулы, которыя мы разсѣяли тысячами въ нашемъ «студнѣ», не будутъ уже построены по тому плану, который мы описали выше. Это будутъ уже [4]) маленькія, твердыя оболочки, въ каждой изъ которыхъ вращается съ большой скоростью около укрѣпленной въ этой оболочкѣ оси гиростатъ.

Но это слишкомъ грубое еще устройство, «грубая гиростатическая молекула» [5]). Вскорѣ его замѣняетъ болѣе совершенный механизмъ [6]). Твердая оболочка получаетъ вмѣсто одного гиростата два, вращающихся въ противоположныхъ направленіяхъ, шаровидные шарниры соединяютъ ихъ между собой и съ внутренними стѣнками оболочки, оставляя извѣстное мѣсто ихъ осямъ вращенія.

Среди всѣхъ этихъ различныхъ моделей, приведенныхъ въ «Лекціяхъ по молекурной динамикѣ» трудно было бы выбрать ту, которая лучше всего изображаетъ строеніе матеріальной молекулы. Но еще гораздо труднѣе былъ бы выборъ, если бы мы захотѣли принять во вниманіе и всѣ другія еще модели, придуманныя У. Томсономъ и описанныя въ различныхъ другихъ его сочиненіяхъ.

Въ одномъ мѣстѣ [7]) передъ нами жидкость однородная, несжимаемая, невязкая, наполняющая все пространство. Извѣстныя

---

[1]) W. Thomson: Loc. cit., стр. 10, 105, 118.

[2]) W. Thomson: Loc. cit., стр. 9.

[3]) W. Thomson: Loc. cit., стр. 118.

[4]) W. Thomson: Loc. cit., стр. 242, 290.

[5]) W. Thomson: Loc. cit., стр. 327.

[6]) W. Thomson: Loc. cit., стр. 320.

[7]) W. Thomson: On Vortex Atoms (Edimburgh, Philosophical Society Proceedings, 18 février 1867).

части этой жидкости совершаютъ непрерывныя вихревыя движенія, и эти части и представляютъ матеріальные атомы.

Въ другомъ мѣстѣ [1]) несжимаемая жидкость, представленная рядомъ твердыхъ шаровъ, связанныхъ между собой особымъ образомъ устроенными шарнирами.

Въ третьемъ мѣстѣ [2]) онъ ссылается на кинетическія теоріи Максвелля и Тэта, чтобы наглядно изобразить свойства твердыхъ тѣлъ, жидкостей и газовъ. Можетъ быть, легче будетъ намъ опредѣлить свойства, которыя приписываетъ У. Томсонъ эфиру?

Когда У. Томсонъ развилъ свою теорію вихревыхъ атомовъ, эфиръ былъ частью этой однородной несжимаемой жидкости, лишенной всякой вязкости и наполняющей все пространство; онъ составлялъ часть этой жидкости, свободную отъ всякаго вихревого движенія. Но для того, чтобы представить тяготѣніе другъ къ другу матеріальныхъ молекулъ, великій физикъ скоро долженъ былъ принять свойства эфира болѣе сложныя [3]). Возродивъ гипотезу Fatio de Duilliers'а и де Лесажа, онъ бросилъ въ однородную жидкость кучу маленькихъ твердыхъ тѣлецъ, обладающихъ чрезвычайной скоростью по всѣмъ направленіямъ.

Въ другомъ сочиненіи [4]) эфиръ превращается опять въ однородное несжимаемое тѣло, но на этотъ разъ это тѣло похоже на очень вязкую жидкость, на студень. Но и эта аналогія въ свою очередь скоро оставляется. Чтобы изобразить свойства эфира, У. Томсонъ [5]) обращается къ формуламъ, которыми мы обязаны Mac Gullagh'у [6]) и для того, чтобы сдѣлать ихъ доступными для воображенія, онъ создаетъ для нихъ механическую модель [7]): двѣ

---

[1]) W. Thomson: Comptes rendus de l'Académie des sciences, 16 septembre 1889. Scientific Papers vol. III, стр. 466.

[2]) W. Thomson: Molecular constitution of Matter, § 29—44 (Proceedings of the Royal Society of Edimburgh, 1-er et 15 juillet 1889;—Scientific Papers, vol. III, p. 404); Lectures on molecular Dynamics, стр. 280.

[3]) W. Thomson: On the ultramondane Corpuscles of Lesage (Philosophical Magazine, vol XLV, стр. 321, 1873).

[4]) W. Thomson: Lectures on molecular Dynamics, стр. 9, 118.

[5]) W. Thomson: Equilibrium or motion of an ideal Substance called for brevity Ether (Scientific Papers, vol. III, стр. 445).

[6]) Mac Gullagh: An essay towards a dynamical theory of crystalline reflexion and refraction (Transactions Royal Irish Academy, vol XXI, 9 décembre 1839;—The collected works of Iames Mac Gullagh, стр. 145).

[7]) W. Thomson: On a gyrostatic adynamic constitution of the Ether (Edimburgh Royal society Proceedings, 17 mars 1890;—Scientific Papers, vol. III,

коробки изъ твердаго вещества, въ каждой изъ которыхъ находится гиростатъ, быстро вращающійся вокругъ оси, неподвижно соединенной съ внутренними стѣнками ихъ, соединены между собой нитями изъ сгибаемаго, но нерастяжимаго вещества.

Это далеко не полное перечисленіе различныхъ моделей, при помощи которыхъ У. Томсонъ пытается изобразить различныя свойства эфира и вѣсомыхъ молекулъ, даетъ намъ лишь слабое представленіе о томъ множествѣ образовъ, которое вызываютъ въ его умѣ слова: строеніе матеріи. Намъ пришлось бы прибавить сюда всѣ модели, созданныя другими физиками и имъ рекомендуемыя; намъ пришлось бы прибавить, напримѣръ, модель электрическихъ дѣйствій Максвелля [1]), всегда вызывавшую восхищеніе У. Томсона. Здѣсь эфиръ и всѣ тѣла, плохо проводящія электричество, имѣютъ строеніе на подобіе пчелиныхъ сотъ. Стѣнки построены вмѣсто воска изъ упругихъ тѣлъ, деформаціи которыхъ изображаютъ электростатическія дѣйствія. Вмѣсто меда мы находимъ здѣсь совершенную жидкость, совершающую очень быстрыя вихревыя движенія,—образъ магнитныхъ дѣйствій.

Это собраніе машинъ и механизмовъ приводитъ въ полное замѣшательство читателя-француза, который ищетъ систематическое изложеніе допущеній на счетъ строенія матеріи, гипотетическое объясненіе этого строенія. Но У. Томсонъ вовсе не намѣревается дать такое объясненіе. Болѣе того, самый языкъ его на каждомъ шагу предостерегаетъ читателя противъ такого истолкованія его мыслей. Механизмы, которые онъ приводитъ, суть «грубыя модели» [2]), «грубыя представленія» [3]); они «механически не натуральны» (unnatural mechanically) [4]); «механическое строеніе твердыхъ тѣлъ, предположенное въ этихъ замѣчаніяхъ и наглядно воспроизведенное въ нашей модели, не слѣдуетъ разсматривать, какъ строеніе, дѣйствительно существующее въ природѣ» [5]); «врядъ ли нужно замѣтить, что эфиръ, который мы себѣ вообразили, есть вещество

стр. 466);—Ether, Electricity and Ponderable Matter (Scientific Papers, vol. III, стр. 505).

[1]) I. Clerk Maxwell: On physical Lines of Force, III-e part.: The Theory of molecular Vortices applied to statical Electricity (Philosophical Magazine, janvier et février 1882;—Scientific Papers. vol. I, стр. 491).

[2]) W. Thomson: Lectures on molecular Dynamics, стр. 11, 105.

[3]) W. Thomson: op. cit., стр. 11.

[4]) W. Thomson: op. cit. стр. 105.

[5]) W. Thomson: op. cit. стр. 131.

только идеальное [1]). Временный характеръ всѣхъ этихъ моделей обнаруживается въ той полной непринужденности, съ которой авторъ отказывается отъ нихъ и снова къ нимъ возвращается, когда ему это нужно для объясненія того или другого явленія. «Прочь со всѣми нашими сферическими пустотами и ихъ твердыми концентрическими оболочками! Какъ вы помните, все это было только грубой механической иллюстраціей. Я дамъ вамъ другую механическую модель, правда, тоже очень далекую отъ истиннаго механизма явленій» [2]). Иногда—и это самое большее—онъ оставляетъ лишь надежду, что эти остроумно придуманныя модели указываютъ путь, который приведетъ, когда-нибудь въ далекомъ будущемъ, къ физическому объясненію матеріальнаго міра [3]).

Множество и разнообразіе моделей, приводимыхъ У. Томсономъ для представленія строенія матерій, не приводитъ читателя француза въ чрезмѣрное удивленіе: онъ, вѣдь, очень скоро замѣчаетъ, что великій физикъ вовсе и не претендуетъ дать объясненіе, пріемлемое для разума, а онъ хотѣлъ только создать объектъ воображенія. Но изумленіе его становится великимъ и продолжительнымъ, когда то же отсутствіе порядка и метода, то же равнодушіе къ логикѣ онъ находитъ не только въ собраніи механическихъ моделей, но и въ резвитіи алгебраическихъ теорій. Да и какъ, въ самомъ дѣлѣ, понять возможность математическаго вывода нелогичнаго? И его невольно охватываетъ чувство изумленія, когда онъ читаетъ, напримѣръ, такое сочиненіе, какъ книга Максвелля объ электричествѣ.

«Когда французъ впервые открываетъ сочиненіе Максвелля,— пишетъ Пуанкарэ [4]) къ его чувству восхищенія примѣшивается какое-то чувство недовольства, часто даже недовѣрія...»

«Англійскій ученый не стремится построить цѣльное, стройное и окончательное зданіе. Скорѣе онъ хочетъ какъ будто дать рядъ предварительныхъ и несвязанныхъ между собой конструкцій, установленіе связи между которыми трудно, порой даже невозможно».

---

[1]) W. Thomson: Stientific Papers, vol. III, стр. 464.

[2]) W. Thomson: Lectures on molecular Dunamics, стр. 280.

[3]) W. Thomson: Scientific Papers, vol. III, стр. 510.

[4]) H. Poincaré: Electricitè et Optique. I. Les théories de Maxwell et la théorie électromagnétique de la lumière. Introduction, стр. VIII.—Кому интересно узнать, до чего доходитъ у Максвелля равнодушіе ко всякой логикѣ и даже ко всякой математической точности, тотъ можетъ найти множество примѣровъ тому въ книгѣ автора: P. Duhem, Les Théories électriques de I. Clerk Maxwell. Etude historique et critique, Paris, 1902.

«Возьмемъ, напримѣръ, главу, въ которой электростатическія притяженія объясняются давленіемъ и напряженіемъ, существующими въ діэлектрической средѣ. Эта глава могла бы быть выпущена, ничѣмъ не нарушая ясности и полноты остальной книги. Съ другой стороны, она сама представляетъ собой законченную теорію, которой не трудно понять, не прочитавъ ни одной строки, ни до, ни послѣ нея. Но она не только не находитси ни въ какой связи съ остальной частью книги: прямо трудно, какъ мы это ниже покажемъ подробно, связать ее съ остальными идеями ея [1]). И Максвелль вовсе и не заботится объ установленіи такой связи, а ограничивается лишь слѣдующимъ замѣчаніемъ: «I have not been able to make the next step, namely, to account by mechanical considerations for these stress in the dielectric» [2]).

«Достаточно и этого примѣра, чтобы выразить мою мысль. Я могъ бы привести еще и много другихъ. Кому, напримѣръ, пришло бы въ голову при чтеніи тѣхъ мѣстъ, въ которыхъ идетъ рѣчь о магнитной вращательной поляризаціи, что между явленіями оптическими и магнитными существуетъ полное тождество»?

Какъ бы она ни натягивала на себя математическую одежду, книга Максвелля объ электричествѣ и магнетизмѣ, еще меньше, чѣмъ книга У. Томсона «Лекціи по молекулярной динамикѣ» есть система логическая. Подобно ей, она состоитъ изъ ряда моделей, изъ которыхъ каждая изображаетъ группу законовъ, безъ всякой связи съ другими моделями, служащими для изображенія другихъ законовъ, частью или даже вполнѣ тѣхъ же самыхъ. Разница только та, что эти модели состоятъ не изъ гиростатовъ, не изъ упругихъ нитей, не изъ глицерина, а изъ ряда алгебраическихъ знаковъ. Всѣ эти различныя частичныя теоріи,

---

[1]) Въ дѣйствительности эта теорія Максвелля есть результатъ полнаго непониманія законовъ упругости. Мы доказали это непониманіе съ полной очевидностью и развили точную теорію, которая должна замѣнить ошибочную теорію Максвелля (a); выраженіе, по ошибкѣ пропущенное въ нашихъ вычисленіяхъ, было замѣчено Liénard'омъ (b), результаты котораго мы подтвердили прямымъ анализомъ (c).

a) P. Duhem: Leçons sur l'Electricité et le Magnétisme, t. II, 1. XII, Paris. 1892.

b) Liénard: la lumière électrique, t. LII, стр. 7, 67. 1894.

c) P. Duhem: American Journal of Mathematics, vol. XVII, стр. 117, 1895

[2]) «Я не былъ въ состояніи сдѣлать второй шагъ—вывести это состояніе напряженія діэлектрика изъ соображеній механическихъ». (Maxwell: A Treatise on Electricity and Magnetisin. Vol. 1. стр. 132, 1873).

каждая изъ которыхъ развивается отдѣльно, внѣ всякой связи съ предыдущими, часто вторгающіяся въ области, изслѣдованныя уже въ другихъ теоріяхъ, обращаются не столько къ нашему разуму, сколько къ нашему воображенію. Это—картины, авторъ которыхъ совершенно свободно выбиралъ объекты, подлежащіе изображенію, какъ и порядокъ ихъ группировки. Что за важность, если то или другое изъ изображаемыхъ лицъ фигурировало уже въ другой позѣ въ другой картинѣ? Плохой пріемъ встрѣтилъ бы логикъ, если бы онъ отнесся къ этому неодобрительно. Картинная геллерея не есть цѣпь строго логическихъ умозаключеній.

§ VIII.—Распространеніе англійскихъ методовъ.

Англійскій умъ вполнѣ точно характеризуется большой способностью представлять себѣ конкретныя группировки и слабой способностью къ абстракціи и обобщенію. Этотъ своеобразный характеръ ума порождаетъ и своеобразную форму физической теоріи. Законы извѣстной группы вовсе не связаны во едино, въ одну логическую систему, а они изображаются въ модели. Моделью этой можетъ быть или механизмъ, построенный изъ конкретныхъ тѣлъ, или рядъ алгебраическихъ знаковъ. Какъ бы тамъ ни было, во всякомъ случаѣ англійская теорія вовсе не считается съ правилами порядка и единства, диктуемыми логикой.

Въ теченіе долгаго времени особенности эти формально служили фабричной маркой созданныхъ въ Англіи физическихъ теорій. На континентѣ этими теоріями не пользовались. Съ нѣкотораго времени все это стало иначе. Англійская манера изученія физики съ чрезвычайной быстротой распространилась повсюду. Въ настоящее время она—дѣло обычное и во Франціи и въ Германіи. Разсмотримъ же причины этого дальнѣйшаго распространенія ея.

Прежде всего не слѣдуетъ забывать, что эти качества ума, охарактеризованныя Паскалемъ, какъ умъ широкій, но слабый, правда, весьма распространены у англичанъ, но тѣмъ не менѣе вовсе не являются атрибутомъ всѣхъ англичанъ, ни свойствами только ихъ однихъ.

Въ способности вполнѣ выяснить себѣ абстрактныя идеи, съ чрезвычайной точностью опредѣлить самые общіе принципы, въ умѣніи съ безупречной правильностью произвести рядъ экспериментовъ или дедуктивно развить рядъ идей, Ньютонъ ничуть не уступалъ Декарту, ни кому бы то ни было изъ другихъ великихъ класси-

ческихъ мыслителей; у него былъ умъ величайшей силы, какую только знаетъ человѣчество.

Какъ мы у англичанъ можемъ найти умы сильные и строго логическіе—доказательствомъ служитъ Ньютонъ—такъ можно за предѣлами Англіи найти умы широкіе, но слабые.

Такой умъ былъ у Гассенди. Противоположность между характерами ума, столь ясно опредѣленная Паскалемъ, съ чрезвычайной живостью выступаетъ въ знаменитомъ спорѣ [1]) между Гассенди и Декартомъ. Съ какой горячностью Гассенди настаиваетъ [2]) на томъ, что «умъ ничѣмъ не отличается въ дѣйствительности отъ способности воображенія»! Съ какой силой онъ утверждаетъ, что «вообразить и понять—одно и то же», что «у насъ одна только способность, которой мы познаемъ всѣ вообще вещи»! Съ какимъ высокомѣріемъ Декартъ [3]) отвѣчаетъ Гассенди: «То, что я сказалъ о воображеніи, достаточно ясно для того, кто хочетъ понимать, но нѣтъ ничего удивительнаго, если это кажется неяснымъ тѣмъ, которые никогда не размышляютъ и не передумываютъ того, о чемъ они думаютъ!» Оба противника поняли, повидимому, что ихъ споръ имѣетъ нѣкоторую особую черту, чѣмъ большая часть столь частыхъ споровъ между философами, что это не споръ между двумя людьми, ни даже между двумя доктринами, а состязаніе между двумя типами ума, между умомъ широкимъ но слабымъ, и умомъ сильнымъ, но узкимъ. O anima! O mens! восклицаетъ Гассенди, обращаясь къ поборнику абстракціи. O caro! отвѣчаетъ Декартъ, высокомѣрнымъ презрѣніемъ уничтожая даръ представленія, копающійся въ конкретныхъ вещахъ.

Отсюда понятно предпочтеніе, отдаваемое Гассенди космологіи эпикурейской. Несмотря на чрезвычайно малую свою величину, атомы, которые онъ себѣ представляетъ, очень похожи на тѣла, которыя онъ можетъ ежедневно видѣть и осязать. Этотъ конкретный, доступный представленію характеръ физики Гассенди выступаетъ съ полной ясностью въ слѣдующемъ мѣстѣ его сочиненія [4]), гдѣ философъ со свойственной именно ему манерой объясняетъ симпатіи и антипатіи школы: «Необходимо понять, что дѣйствія эти совершаются такимъ же образомъ, какъ дѣйствія между тѣлами, болѣе

---

1) P. Gassendi: Disquisitio metaphysica, seu dubitationes et instantiae adversus renati Cartesii Metaphysicam, et responsa.

2) P. Gassendi: Dubitationes in Meditationem II-am.

3) Cartesii: Reponsum ad Dubitationem V in Meditationem II-am.

4) Gassendi: Syntagma Philosophicum, II pars, 1. VI, c. XIV

легко поддающіяся нашему воспріятію. Вся разница заключается въ томъ, что въ послѣднемъ случаѣ механизмы грубы, а въ первомъ очень тонки. Вездѣ, гдѣ нашъ обычный взглядъ констатируетъ притяженіе и соединеніе, мы находимъ крючки, нити, что-нибудь такое, что придерживаетъ и что-нибудь, что придерживается; вездѣ, гдѣ глазъ констатируетъ отталкиваніе и отдѣленіе, мы находимъ иглы, пики, взрывчатое вещество и т. д. И для того, чтобы объяснить себѣ дѣйствія, не поддающіяся воспріятію обыкновенныхъ нашихъ чувствъ, мы должны представлять себѣ маленькіе крючки, маленькія нити, маленькія иглы, маленькія пики и другіе органы подобнáго же рода; эти органы мы не можемъ ни чувствовать, ни осязать, но отсюда далеко еще не слѣдуетъ, что они не существуютъ».

Во всѣ періоды научнаго развитія можно найти среди французовъ физиковъ, духовно родственныхъ Гассенди и желающихъ, подобно ему, создать объясненія, доступныя для воображенія. Эта потребность у нѣкоторыхъ мыслителей представлять себѣ вещи, о которыхъ они размышляютъ, съ наиболѣе полной ясностью выражена у I. Boussinesq'a, одного изъ остроумнѣйшихъ и плодотворнѣйшихъ теоретиковъ, имена которыхъ служатъ украшеніемъ нашей эпохи. «Наблюдая явленія природы, говоритъ Boussinesq [1]), умъ человѣческій рядомъ со многими элементами, не находящимися между собой, какъ будто, ни въ какой связи, которыхъ онъ выяснить себѣ не можетъ, усматриваетъ одинъ ясный элементъ, благодаря своей опредѣленности, способный стать объектомъ истинно научнаго изслѣдованія. Это—элементъ геометрическій. Связанный съ локализаціей вещей въ пространствѣ, онъ даетъ намъ возможность представлять себѣ ихъ, обозначать или болѣе или менѣе идеальнымъ образомъ построить ихъ. Онъ состоитъ изъ размѣровъ или формъ тѣлъ или системъ тѣлъ, однимъ словомъ изъ того, что можетъ быть названо конфигураціей тѣлъ въ данный моментъ. Эти формы, эти конфигураціи, измѣримыя части которыхъ суть разстоянія или углы, тó въ теченіе извѣстнаго времени остаются неизмѣнными или почти неизмѣнными, остаются какъ будто въ однихъ и тѣхъ же мѣстахъ пространства, образуя то, что называется покоемъ, тò непрестанно и непрерывно измѣняются, и эти перемѣны мѣста называются движеніемъ».

---

[1]) J. Boussinesq: Leçons synthétiques de Mécanique générale, стр. 1 Paris, 1889.

Эти различныя конфигураціи тѣлъ, ихъ измѣненія отъ одного момента къ другому, суть единственные элементы, которые можетъ отмѣтить геометръ. Онѣ же—единственные элементы, которые можетъ ясно представить умъ, одаренный воображеніемъ, а потому, по его мнѣнію, единственные элементы, способные стать объектами науки. Мы тогда только получимъ правильную физическую теорію, когда изученіе группъ законовъ будетъ сведено къ описанію такихъ фигуръ и такихъ движеній. «До настоящаго времени развитіе науки, если разсматривать ея части готовыя или способныя стать ими, отъ Аристотеля до Декарта и Ньютона шло отъ идей качествъ или измѣненій состоянія, не поддающихся изображенію, къ идеѣ формъ или движеній, поддающихся изображенію или видимыхъ [1]).

Не менѣе горячо, чѣмъ Гассенди, M. Boussinesq не желаетъ, чтобы теоретическая физика была дѣломъ разума, изъ котораго воображеніе изгнано. Онъ выражаетъ свои мысли по этому вопросу въ формулахъ, ясность которыхъ напоминаетъ извѣстныя изрѣченія лорда Кельвина.

Во избѣжаніе ложныхъ толкованій, слѣдуетъ, однако, упомянуть, что Beussinesq вовсе не слѣдуетъ до конца за великимъ англійскимъ физикомъ. Онъ желаетъ, правда, чтобы конструкціи теоретической физики были доступны воображенію во всѣхъ своихъ частяхъ, но онъ вовсе не намѣревается при созиданіи плана въ своихъ конструкціяхъ отказаться отъ помощи логики. Онъ вовсе не согласенъ—да и Гассенди былъ бы не согласенъ—съ тѣми, которые хотѣли бы лишить эти конструкціи всякаго порядка и единства, которые хотятъ, чтобы физика представляла собой лишь лабиринтъ зданій, независимыхъ и между собой совершенно не связанныхъ.

Никогда физики французскіе или нѣмецкіе не желали свести физическую теорію къ одному собранію моделей. Мнѣніе это никогда не зарождалось само въ нѣдрахъ науки континентальной, а оно дѣло англійскаго импорта.

Мы обязаны этимъ главнымъ образомъ значеніемъ, которое получила книга Масквелля; коментаторы и послѣдователи этого великаго физика ввели его теорію въ науку. Нашла она распространеніе съ самаго начала въ той своей формѣ, которая казалась наиболѣе спутанной. Не успѣли еще французскіе и нѣмецкіе физики начать примѣненіе механическихъ моделей, какъ многіе изъ нихъ

---

[1]) J. Boussinesq: Théorie analytique de la Chaleur, t. 1, стр. XV, 1901.

привыкли уже трактовать математическую физику, какъ собраніе алгебраическихъ моделей.

Среди ученыхъ, благодаря работамъ которыхъ установилась такая трактовка математической физики, первое мѣсто занимаетъ знаменитый Генрихъ Герцъ. Такъ, онъ заявляетъ, напримѣръ, слѣдующее: «Теорія Максвелля есть уравненія Максвелля». Въ согласіи съ этимъ принципомъ и до формулировки даже Герцъ развилъ свою теорію электродинамики [1]). Основу ея составляютъ уравненія Максвелля. Уравненія эти принимаются такими, какія они есть, безъ всякаго обсужденія ихъ, безъ провѣрки опредѣленій и гипотезъ, изъ которыхъ они выведены. Они обсуждаются такими, какія они есть, и полученные изъ нихъ выводы вовсе не подвергаются контролю опыта.

Такое отношеніе было бы понятно со стороны автора алгебраическаго сочиненія, дѣло изученія котораго—уравненія, выведенныя изъ принциповъ, принятыхъ всѣми физиками и вполнѣ подтвержденныхъ на опытѣ. Было бы не удивительно, если бы такой ученый обходилъ совершенно молчаніемъ самый способъ установленія и экспериментальной провѣрки уравненій, не вызывающихъ ни у кого ни малѣйшихъ сомнѣній. Этого далеко нельзя сказать объ уравненіяхъ электродинамики, изучаемыхъ Герцемъ. Разсужденія и вычисленія, которыми многократно силится подтвердить ихъ Максвелль, кишатъ противорѣчіями, темными мѣстами и очевидными ошибками. Что же касается до подтвержденія, которое могъ бы дать опытъ, то оно можетъ быть только частичнымъ и ограниченнымъ. И дѣйствительно, прямо бросается въ глаза, что одно простое существованіе куска намагниченной стали совершенно несовмѣстимо съ такой электродинамикой. И это колоссальное противорѣчіе тоже ускользнуло отъ анализа Герца [2]).

Можетъ быть, кто-нибудь подумаетъ, что допущеніе столь спорной теоріи было необходимо потому, что не было никакого другого ученія съ болѣе логичной основой и болѣе согласующагося съ фактами. Но и этого нѣтъ. Гельмгольцъ создалъ электродина-

---

[1]) H. Hertz: Ueber die Grundgleichungen der Electrodynamik für ruhende Körper, (Göttinger Nachrichten, 19 mars 1890.—Wiedemann's Annalen der Physik und Chemie, Bd. XL, стр. 577.—Gesammelte Werke von H. Hertz: Bd. II: Untersuchungen über die Ausbreitung der elektrischen Kraft, 2-e Auflage, стр. 208).

[2]) H. Hertz: Untersuchungen über Ausbreitung der elektrischen Kraft, 2-e Auflage, стр. 240.

мическую теорію, вполнѣ логически развивающуюся изъ прекраснѣйшимъ образомъ обоснованныхъ принциповъ ученія объ электричествѣ. Уравненія этой теоріи сформированы безъ тѣхъ ложныхъ заключеній, которыми столь богато сочиненіе Максвелля, всѣ факты, принятые во вниманіе въ уравненіяхъ Герца и Максвелля, здѣсь находятъ объясненіе, стоящее въ полномъ согласіи съ дѣйствительностью, чего далеко нельзя сказать о теоріи Максвелля. Разумъ требуетъ, чтобы была предпочтена теорія Гельмгольца — въ этомъ не можетъ быть ни малѣйшаго сомнѣнія. Другое дѣло воображеніе: оно предпочитаетъ играть элегантной алгебрической моделью, созданной Герцемъ и — около того же времени — Heaviside'омъ и Кономъ. Пользованіе этой моделью нашло очень быстрое распространеніе среди мыслителей, слишкомъ слабыхъ для того, чтобы не пугаться длинныхъ выводовъ. И вотъ мы видимъ, какъ все болѣе и болѣе растетъ число сочиненій, въ которыхъ уравненія Максвеля принимаются безъ всякаго обсужденія, подобно догмату— плоду откровенія, темныя мѣста котораго вызываютъ какое-то благоговѣніе, какъ священныя мистеріи.

Перейдемъ къ сочиненіямъ Пуанкарэ. Здѣсь мы находимъ еще болѣе формальное, чѣмъ въ сочиненіяхъ Герца, провозглашеніе права математической физики сбросить ярмо слишкомъ строгой логики и порвать связь, соединяющую эти двѣ различныя области знанія. «Вовсе не слѣдуетъ, говоритъ онъ [1]), заботиться объ устраненіи всѣхъ противорѣчій, а необходимо принять одну какую-нибудь сторону. Изъ двухъ противорѣчивыхъ теорій каждая сама по себѣ можетъ служить полезнымъ вспомогательнымъ средствомъ для изслѣдованій, если только не смѣшивать ихъ и не искать въ нихъ сущности вещей. Чтеніе сочиненій Максвелля было бы, можетъ быть, гораздо менѣе знимательно, если бы мы не находили въ нихъ такое множество точекъ зрѣній и новыхъ, и разнородныхъ».

Эти слова, открывшія во Франціи свободный путь методамъ англійской физики, идеямъ, имѣвшимъ столь блестящаго защитника въ лицѣ лорда Кельвина, не остались безъ отклика. Было не мало причинъ, обезпечившихъ имъ откликъ сильный и продолжительный.

Я не стану говорить здѣсь ни о высокомъ авторитетѣ автора этихъ паролей, ни о значеніи тѣхъ открытій, по поводу которыхъ

---

[1]) H. Poincaré: Électricité et Optique. 1. Les théories de Maxwell et la théorie électromagnétique de la lumière. Introduction, стр. IX.

они были произнесены. Причины, которыя я хочу отмѣтить, менѣе законны и все же оказали не менѣе сильное вліяніе.

Среди этихъ причинъ слѣдуетъ поставить на первомъ мѣстѣ вкусъ къ экзотическому, желаніе подражать чужеземному, потребность одѣвать свой духъ, какъ свое тѣло, по англійской модѣ. Сколько есть среди людей, объявляющихъ физику Масквелля и Томсона лучше физики, считавшейся до тѣхъ поръ классической въ нашей странѣ, такихъ, единственный мотивъ у которыхъ при этомъ одинъ: она—англійская!

Къ тому же шумное восхищеніе методомъ англійскимъ является для многихъ средствомъ, чтобы заставить забыть, въ какой малой степени они сами овладѣли методомъ французскимъ, какъ трудно для нихъ усвоить абстрактную идею, слѣдить за строго логическимъ разсужденіемъ. Лишенные силы ума, они стараются заимствовать пріемы умовъ широкихъ, внушить мысль, что они владѣютъ широкимъ умомъ.

Этихъ причинъ было бы, однако, можетъ быть, недостаточно, чтобы создать англійской физикѣ тотъ почетъ, которымъ она пользуется въ настоящее время, если бы этому не содѣйствовали требованія промышленности.

Промышленникъ очень часто обладаетъ широкимъ умомъ. Необходимость комбинировать различные механизмы, вести дѣла, обходиться съ людьми, очень рано пріучаетъ его ясно и быстро разбираться въ сложныхъ сочетаніяхъ конкретныхъ вещей. Зато умъ у него почти всегда слабый. Повседневныя занятія его удерживаютъ его на отдаленномъ разстояніи отъ абстрактныхъ вещей и общихъ принциповъ. Способности, образующія силу ума, мало по малу въ немъ атрофируются, какъ это всегда бываетъ съ органами, которые не функціонируютъ. Нѣтъ, поэтому, ничего удивительнаго, если англійская модель представляется ему формой физической теоріи, наиболѣе приспособленной къ его духовнымъ способностямъ.

Естественно, что онъ желаетъ, чтобы руководителямъ заводовъ и фабрикъ физика излагалась именно въ этой формѣ. Кромѣ того, будущій инженеръ желаетъ, чтобы преподаваніе продолжалось возможно меньше времени. Онъ спѣшитъ извлечь деньгу изъ своихъ познаній. Онъ не желаетъ тратить времени, потому что для него время—деньги. Но эта лихорадочная поспѣшность чужда физикѣ абстрактной, заботящейся прежде всего объ абсолютной солидности зданія, которое она строитъ. Она хочетъ, чтобы фундаментъ

зданія былъ проченъ, какъ скала, и чтобы этого добиться, она копаетъ его возможно глубже. Отъ своихъ учениковъ она требуетъ ума, привыкшаго къ различнымъ упражненіямъ логики, пріобрѣвшаго гибкость въ гимнастикѣ математическихъ наукъ. Она не выпускаетъ для нихъ ни одного промежуточнаго звена, ни одного усложненія. Зачѣмъ же людямъ, цѣль которыхъ не истина, а польза, подчиняться этой строгой дисциплинѣ? Почему же имъ не предпочесть болѣе быстрые методы теорій, обращающихся не къ разуму, а къ воображенію? Вотъ почему тѣ, которые занимаются преподаваніемъ въ техническихъ школахъ, вынуждены одобрить методы англійскіе, обучать той физикѣ, которая даже въ формахъ математическихъ не видитъ ничего, кромѣ моделей.

Большинство изъ этихъ ученыхъ не оказываетъ даже никакого сопротивленія этой необходимости. Напротивъ того, они даже преувеличиваютъ то презрѣніе къ порядку, то пренебреженіе къ строгой логикѣ, которая столь характерна для физиковъ англійскихъ. Вводя въ свои лекціи или статьи ту или другую формулу, они никогда не задаются даже вопросомъ, точна ли она. Для нихъ важно только одно: удобна ли она и даетъ ли она что-нибудь воображенію. Люди, свободные отъ тяжелой обязанности внимательно читать подобныя сочиненія, врядъ ли повѣрятъ, до чего доходитъ это презрѣніе ко всякому раціональному методу, ко всякой точной дедукціи во многихъ сочиненіяхъ, посвященныхъ примѣненіямъ физики. Ложныя умозаключенія—самыя чудовищныя, вычисленія—самыя неправильныя вы здѣсь найдете въ самомъ яркомъ свѣтѣ. Подъ вліяніемъ преподаванія въ техническихъ школахъ теоретическая физика превратилась въ постоянный вызовъ строго логическому мышленію.

Зло коснулось не только книгъ и лекцій, предназначенныхъ для будущихъ инженеровъ. Оно проникало повсюду, нашло широкое распространеніе, вслѣдствіе пренебреженія и предубѣжденій толпы, смѣшивающей науку съ промышленностью, принимающей пронесшійся съ шумомъ, поднимая пыль и распространяя зловоніе, автомобиль за тріумфальную колесницу человѣческаго мышленія. Высшее преподаваніе заражено уже утилитаризмомъ, и преподаваніе въ среднихъ школахъ есть уже добыча эпидеміи. Именемъ этого утилитаризма отвергаются методы, служившіе до сихъ поръ для изложенія наукъ физическихъ. Отвергаются теоріи абстрактныя и дедуктивныя и дѣлаются попытки открыть передъ учащимися точки зрѣнія индуктивныя и конкретныя. Стараются

внести въ молодыя головы не идеи и принципы, а числа и факты.

Мы не станемъ долго останавливаться на критикѣ этихъ малоцѣнныхъ и маловажныхъ теорій различныхъ формъ, аппелирующихъ къ воображенію.

Что же касается до людей плоскихъ и вульгарныхъ, то имъ мы только замѣтимъ, что если легко перенимать недостатки другого народа, то зато тѣмъ труднѣе усваивать наслѣдственныя качества, которыя его характеризуютъ. Они могутъ отказываться отъ силы французскаго ума, но не отъ его узкости; имъ не трудно конкуррировать съ англійскимъ умомъ, когда дѣло идетъ о слабости ума, но не тогда, когда дѣло идетъ о широтѣ ума. Такъ они сами себя осуждаютъ быть умами слабыми и узкими, т. е. умами ложными.

Промышленникамъ же, не заботящимся о правильности формулы, покуда она только удобна, мы напомнимъ, что простое, но неправильное уравненіе рано или поздно приводитъ — и въ этомъ и заключается неожиданное возмездіе логики—къ крушенію предпріятія, къ прорыву плотины, къ провалу моста. Неправильное уравненіе означаетъ финансовый крахъ, если не гибель человѣческихъ существованій.

Наконецъ, утилитаристамъ, надѣющимся воспитать практическихъ людей, обучая своихъ учениковъ лишь конкретнымъ вещамъ, мы скажемъ, что ученики ихъ будутъ, въ лучшемъ случаѣ, ремесленниками, работающими по рутинѣ, механически примѣняющими непонятныя имъ правила. Только абстрактные и общіе принципы могутъ направить мысль человѣка въ неизвѣданныя области и внушить ему рѣшеніе неожиданныхъ затрудненій.

§ IX.—Полезно-ли для открытій примѣненіе механическихъ моделей?

Чтобы дать правильную оцѣнку физической теоріи, аппеллирующей къ нашему воображенію, мы возьмемъ ее не въ той формѣ, въ какой ее показываютъ намъ люди, которые желаютъ пользоваться ею, не обладая широтой ума, необходимой для правильнаго пользованія ею. Разсмотримъ ее такъ, какъ ее разсматривали люди, мощная сила воображенія которыхъ создала ее, и въ частности великіе физики Англіи.

Въ отношенiи метода физики, которымъ пользуются англичане, существуетъ въ настоящее время слѣдующее банальное мнѣнiе: старыя теорiи подавляетъ чрезмѣрная забота о логическомъ единствѣ, замѣна строго логическихъ стройныхъ дедукцiй, бывшихъ въ употребленiи раньше, независимыми другъ отъ друга моделями обезпечиваетъ за изслѣдованiями физика гибкость и свободу, приносящiя очень хорошiе плоды при открытiяхъ.

На нашъ взглядъ, мнѣнiе это въ значительной своей части основано на иллюзiи.

Слишкомъ часто люди, придерживающiеся этого мнѣнiя, приписываютъ употребленiю моделей открытiя, сдѣланныя совершенно другимъ путемъ.

Очень часто модель строится послѣ того, какъ теорiя уже сформирована и строится она самимъ авторомъ этой теорiи или какимъ либо другимъ физикомъ. Затѣмъ модель мало по малу вытѣсняетъ изъ памяти абстрактную теорiю, которая была создана раньше ея и безъ которой она и не могла бы быть придумана. Послѣ этого модель выступаетъ, какъ инструментъ открытiя, хотя въ дѣйствительности она была только изобразительнымъ средствомъ. Читатель, не предупрежденный объ этомъ и лишенный времени для историческихъ изысканiй и изученiя источниковъ, можетъ быть введенъ въ заблужденiе этимъ обманомъ.

Возьмемъ, напримѣръ, «Rapport», въ которомъ Эмиль Пикаръ широкими, но скупыми мазками рисуетъ состоянiе наукъ въ 1900 году [1]). Прочтемъ мѣста, посвященныя весьма важнымъ въ настоящее время теорiямъ физики: теорiи непрерывности жидкаго и газообразнаго состоянiя и теорiи осмотическаго давленiя. Можетъ показаться, что участiе механическихъ моделей, образныхъ гипотезъ касательно молекулъ, ихъ движенiй и ударовъ было очень велико въ созданiи и развитiи этихъ теорiй. Внушая намъ такое допущенiе, Пикаръ весьма точно отражаетъ лишь мнѣнiя, которыя ежедневно раздаются въ аудиторiяхъ и лабораторiяхъ. Но мнѣнiя эти лишены всякаго основанiя. Въ созданiи и развитiи этихъ двухъ теорiй пользованiе механическими моделями не сыграло почти никакой роли.

Идея непрерывности между жидкимъ и газообразнымъ состоянiями возникла въ головѣ Андрью, какъ результатъ эксперименталь-

---

[1]) Exposition universelle de 1900 a Paris. Rapport du Jury international, Jntroduction gènérale. II-e partie; Sciences, par M. Emile Picard, Paris, 1901. стр. 53 и слѣд.

ной индукціи. Точно также индукція и обобщеніе привели Джемса Томсона къ пониманію **теоретической изотермы**. Изъ ученія, являющагося типичнымъ для абстрактныхъ теорій, именно изъ термодинамики, Gibbs вывелъ совершенно цѣльное изложеніе этой новой области физики, и таже термодинамика привела Максвелля къ существенной связи между изотермой теоретической и практической.

Въ то время, какъ абстрактная термодинамика обнаружила такимъ образомъ свою плодотворность, Van der Waals съ своей стороны приступилъ къ изученію непрерывности между жидкимъ и газообразнымъ состояніемъ, исходя изъ допущеній о природѣ и движеніи молекулъ. Вкладъ кинетическихъ гипотезъ въ это изученіе заключался въ уравненіи теоретической изотермы, однимъ изъ выводовъ изъ котораго былъ законъ **соотвѣтствующихъ состояній**. Но при сопоставленіи съ фактами нельзя было не узнать, что уравненіе изотермы слишкомъ просто, а законъ соотвѣственныхъ состояній слишкомъ грубъ, чтобы они могли сохраниться въ физикѣ, претендующей хотя бы на малѣйшую точность.

Не менѣе ясна исторія осмотическаго давленія. Здѣсь абстрактная термодинамика съ самаго же начала дала Gibbs'у основныя уравненія. Такимъ же образомъ термодинамика была единственной путеводной нитью Ванъ-Гоффа въ первыхъ его работахъ, а экспериментальная индукція дала Raoult'ю необходимые для развитія новаго ученія законы. Ученіе это уже выросло и было достаточно развито, когда механическія модели и кинетическія гипотезы явились къ нему со своей помощью, въ которой оно не нуждалось, съ которой оно не знало, что предпринять, и которая не принесла ему никакой пользы.

Итакъ, прежде чѣмъ приписывать созданіе какой нибудь теоріи механическимъ моделямъ, загромождающимъ ее въ настоящее время, необходимо сначала убѣдиться, дѣйствительно ли эти модели сыграли рѣшающую или, по крайней мѣрѣ, полезную роль при ея нарожденіи, не явились ли онѣ, подобно паразитирующему растенію, на деревѣ уже крѣпкомъ и полномъ жизни.

Далѣе, кто хочетъ правильно оцѣнить плодотворность примѣненія моделей, тотъ не долженъ смѣшивать этого употребленія съ примѣненіемъ **аналогіи**.

Физикъ, желающій объединить и классифицировать въ абстрактной теоріи законы извѣстной категоріи явленій, слишкомъ часто руководится аналогіей, которую онъ находитъ между этими явле-

ніями и явленіями другой категоріи. Если эти послѣднія явленія приведены уже въ систему и собраны въ удовлетворительной теоріи, то физикъ слишкомъ часто старается сгруппировать первыя явленія въ систему того же типа и той же формы.

Исторія физики учитъ насъ, что отыскиваніе аналогіи между двумя различными категоріями явленій было, можетъ быть, самымъ надежнымъ и плодотворнымъ методомъ при построеніи физическихъ теорій.

Такъ, аналогія, замѣченная Гюйгенсомъ между явленіями свѣтовыми и звуковыми, привела его къ понятію свѣтовой волны— понятію, которое онъ сумѣлъ столь чудесно использовать. Позже та же самая аналогія привела Мальбранша и затѣмъ Юнга къ выраженію монохроматическаго свѣта въ формулѣ, сходной съ формулой элементарнаго звука.

Сходство, замѣченное Омомъ между распространеніемъ теплоты и распространеніемъ электричества въ проводникахъ, позволило ему перенести въ область явленій электричества уравненія, созданныя Фурье для явленій теплоты.

Исторія теорій магнитизма и діэлектрической поляризаціи есть не что иное, какъ развитіе аналогій между магнитами и электрическими изоляторами, давно уже предвидѣнныхъ физиками. Благодаря этой аналогіи, каждая изъ обѣихъ теорій извлекла пользу изъ развитія второй.

Употребленіе физической аналогіи принимаетъ иногда еще болѣе опредѣленную форму.

Когда двѣ категоріи явленій весьма различныхъ, очень несходныхъ сведены къ теоріямъ абстрактнымъ, то можетъ случиться, чтобы уравненія, въ которыхъ формулирована одна изъ этихъ теорій, оказались алгебраически тождественными съ уравненіями второй теоріи. Такимъ образомъ, хотя теоріи эти съ точки зрѣнія природы законовъ, въ нихъ формулированныхъ, по существу своему разнородны, алгебра все же устанавливаетъ между ними точное соотвѣтствіе. Каждое положеніе одной изъ этихъ теорій имѣетъ своего гомолога въ другой. Каждая проблема, рѣшенная въ одной изъ нихъ, ставитъ и рѣшаетъ сходную проблему въ другой. Каждая изъ этихъ двухъ теорій можетъ, согласно термину, употребляемому англичанами, служить для иллюстраціи другой: «подъ физической аналогіей, говоритъ Максвелль, я понимаю это частичное сходство между законами одной науки и законами другой, благо-

даря которому одна изъ нихъ можетъ служить для иллюстраціи другой» [1]).

Приведемъ здѣсь одинъ изъ множества примѣровъ этой взаимной иллюстраціи двухъ теорій.

Понятіе теплаго тѣла и понятіе тѣла наэлектризованнаго суть два понятія, по существу своему разнородныя. Законы, опредѣляющіе стаціонарное распредѣленіе температуръ въ группѣ тѣлъ, являющихся хорошими проводниками теплоты, и законы, опредѣляющіе состояніе электрическаго равновѣсія въ группѣ тѣлъ, являющихся хорошими проводниками электричества, трактуютъ о физическихъ объектахъ совершенно различныхъ. Тѣмъ не менѣе обѣ теоріи, имѣющія своей задачей классификацію этихъ законовъ, находятъ свое выраженіе въ двухъ группахъ уравненій, между которыми съ точки зрѣнія алгебраической нѣтъ никакой разницы. На этомъ основаніи, рѣшая алгебраически проблему стаціонарнаго распредѣленія температуръ, мы одновременно съ этимъ рѣшаемъ и проблему электростатики и наоборотъ.

Такое сходство между двумя теоріями съ точки зрѣнія алгебраической, такая иллюстрація одной теоріи посредствомъ другой есть явленіе чрезвычайно цѣнное. Оно не только является существенымъ средствомъ экономіи мышленія, позволяя весь алгебраическій аппаратъ, созданный для одной теоріи, сразу примѣнить къ другой, но оно образуетъ и методъ, ведущій къ новымъ открытіямъ. Дѣйствительно, можетъ случиться и такъ, что бы въ одной изъ этихъ двухъ областей, которымъ соотвѣтствуетъ одинъ и тотъ же алгебраическій аппаратъ, экспериментальная интуиція совершенно естественно поставила проблему и внушила рѣшеніе ея, между тѣмъ какъ въ другой области физикъ не пришелъ бы такъ легко къ этой проблемѣ или къ ея рѣшенію.

Итакъ, эти различные способы аппелировать къ аналогіи между двумя группами физическихъ законовъ или между двумя различными теоріями плодотворны и чреваты открытіями. Но ихъ не слѣдуетъ смѣшивать съ примѣненіемъ моделей. Они заключаются въ сближеніи двухъ абстрактныхъ системъ, будь это, когда одна изъ нихъ, извѣстная уже, служитъ для отысканія формы другой, еще неизвѣстной, или когда обѣ уже сформулированы и взаимно разъясняютъ другъ друга. Здѣсь нѣтъ ничего, что могло бы привести въ изумленіе самаго строгаго логика, но тѣмъ болѣе здѣсь нѣтъ

[1]) J.—Clerk: Maxwell: Scientific Papers, vol. I, стр. 156.

ничего, что могло бы напомнить методы, предпочитаемые умами широкими, но слабыми, ничего, что апеллировало бы къ воображенію вмѣсто разума, ничего, что отказывалось бы отъ руководимаго логикой познанія абстрактныхъ понятій и общихъ сужденій ради непосредственно усматриваемыхъ сочетаній конкретныхъ вещей.

Но если мы не хотимъ приписать употребленію моделей открытій, въ дѣйствительности происшедшихъ, благодаря теоріямъ абстрактнымъ; если мы не желаемъ смѣшивать употребленіе моделей съ пользованіемъ аналогіей, то каково же, дѣйствительно, участіе теорій, апелирующихъ къ воображенію, въ развитіи физики?

Участіе это, на нашъ взглядъ, весьма не велико.

Физикъ, наиболѣе рѣзко отождествлявшій пониманіе теоріи съ созерцаніемъ моделей, лордъ Кельвинъ знаменитъ своими удивительными открытіями. Но мы не видимъ среди нихъ ни одного, которое внушила бы ему физика, апелирующая къ воображенію. Прекраснѣйшія открытія его, эффектъ, носящій его имя, электрическій транспортъ теплоты, свойства перемѣнныхъ токовъ, прерывнаго разряда и многія другія открытія, перечислить которыя всѣ до единаго невозможно, были сдѣланы съ помощью абстрактныхъ системъ классической термодинамики. Вездѣ, гдѣ онъ апелируетъ къ помощи механическихъ моделей, онъ ограничивается однимъ описаніемъ, воспроизведеніемъ результатовъ уже полученныхъ; объ открытіяхъ здѣсь не можетъ быть и рѣчи.

Въ такой же мѣрѣ сомнительно, чтобы модель электростатическихъ и электромагнитныхъ дѣйствій, которую приводитъ Максвелль въ своей статьѣ On phisical Lines of Force, руководила имъ при созданіи электромагнитной теоріи свѣта. Правда, онъ старается вывести изъ этой модели обѣ существенныя формулы этой теоріи, но самый методъ, къ которому онъ прибѣгаетъ въ этихъ своихъ попыткахъ, съ достаточной ясностью показываетъ, что результаты, которые онъ долженъ получить, стали извѣстны ему уже другимъ путемъ. Онъ такъ увлеченъ своимъ стремленіемъ снова получить ихъ во чтобы то ни стало именно этимъ путемъ, что онъ готовъ исказить одну изъ основныхъ формулъ упругости [1]). Ему удается создать теорію, которая носится передъ его умственнымъ взоромъ, только отказавшись отъ употребленія всякихъ моделей, а распро-

---

[1]) P. Duhem; Les Thèories èlectriques de I.—Clerk Maxwell, ètude historique et critique, Paris, 1902, стр., 212.

странивъ путемъ аналогіи абстрактную систему электро-динамики на токи перемѣщенія.

Итакъ, ни въ трудахъ лорда Кельвина, ни въ трудахъ Максвелля употребленіе механическихъ моделей не обнаружило той плодотворности, которую ему столь охотно приписываютъ въ настоящее время.

Слѣдуетъ ли изъ этого, что этотъ методъ не привелъ никогда и ни одного физика къ какому-нибудь открытію? Подобное утвержденіе было бы смѣшнымъ преувеличеніемъ. Открытія не регулируются никакимъ твердо установленнымъ правиломъ. Нѣтъ ученія столь нелѣпаго, чтобы оно не могло когда нибудь навести на мысль новую, счастливую. И звѣздочеты внесли свой вкладъ въ развитіе принциповъ механики неба.

Впрочемъ, если бы кто желалъ отрицать всякую плодотворность за употребленіемъ механическихъ моделей, онъ былъ бы опровергнутъ примѣрами недавняго времени. Ему можно было бы напомнить электро-оптическую теорію Лоренца, предвидѣвшаго раздвоеніе полосъ спектра въ магнитномъ полѣ, что побудило Зеемана наблюдать это явленіе. Можно было бы также напомнить ему механизмы, придуманные Джемсомъ Томсономъ для изображенія транспорта электричества внутрь газообразной массы, какъ и связанные съ этимъ любопытные эксперименты.

Правда, и эти примѣры могли бы вызвать споры.

Можно было бы возразить, что электро-оптическая система Лоренца, основанная, правда, на механическихъ гипотезахъ, есть уже не простая модель, а обширная теорія, различныя части которой логически между собою связаны и приведены въ одно цѣлое, что эффектъ Зеемана далеко не подтверждалъ теорію, приведшую къ его открытію, а, напротивъ того, прежде всего доказалъ, что теорія эта не можетъ быть удержана такой, какая она есть, а что она, по меньшей мѣрѣ, нуждается въ глубокихъ измѣненіяхъ.

Можно было бы также замѣтить, что связь между представленіями, которую хочетъ вызвать Джемсъ Томсонъ, аппелируя къ нашему воображенію, и хорошо наблюденными фактами іонизаціи газовъ довольно слаба; что механическія модели, сопоставленныя съ этими фактами, скорѣе затемняютъ сдѣланныя уже открытія, чѣмъ освѣщаютъ путь для новыхъ открытій.

Но не будемъ останавливаться на этихъ тонкостяхъ. Признаемъ безъ околичностей, что пользованіе механическими моделями могло привести нѣкоторыхъ физиковъ на путь открытій и

можетъ еще привести къ новымъ открытiямъ. Одно несомнѣнно: вкладъ, внесенный ими въ развитiе физики, далеко не такъ великъ какъ насъ въ этомъ хотятъ увѣрить. Если сравнить его со вкладомъ абстрактныхъ теорiй, онъ окажется весьма и весьма скуднымъ.

§ X.—Должно-ли употребленiе механическихъ моделей мѣшать отыскиванiю теорiи абстрактной и логически упорядоченной?

Мы видѣли уже, что знаменитѣйшiе изъ физиковъ, рекомендующихъ употребленiе механическихъ моделей, усматриваютъ въ этой формѣ теорiи гораздо меньше средство, ведущее къ новымъ открытiямъ, чѣмъ методъ для описанiя явленiй. Самъ лордъ Кельвинъ никогда не заявлялъ, что механизмы, которые онъ построилъ въ столь большомъ числѣ, даютъ возможность предсказывать явленiя. Онъ ограничивался утвержденiемъ, что подобнаго рода конкретныя модели для него необходимы и что безъ нихъ онъ не можетъ достичь яснаго пониманiя теорiи.

Умы сильные, не имѣющiе нужды для пониманiя абстрактной идеи въ воплощенiи ея въ конкретный образъ, не имѣютъ никакихъ основанiй отрицать за умами широкими, но слабыми—за тѣми, которымъ трудно понимать то, что не имѣетъ ни формы, ни цвѣта,—права разрисовывать извѣстнымъ образомъ въ воображенiи объекты физическихъ теорiй. Лучшее средство содѣйствовать развитiю науки, это предоставить всякой формѣ мышленiя свободу развиваться, согласно собственнымъ своимъ законамъ, и развивать въ совершенствѣ свой типъ мышленiя. Другими словами, необходимо предоставить умамъ сильнымъ свободу питаться абстрактными понятiями и общими принципами, а умамъ широкимъ обращаться къ вещамъ виднымъ и осязаемымъ; однимъ словомъ, не слѣдуетъ мѣшать англичанину мыслить по французски или французу мыслить по англiйски. Этотъ интелектуальный либерализмъ, слишкомъ рѣдко понимаемый и примѣняемый, Гельмгольцъ, умъ чрезвычайно глубокiй и сильный, формулировалъ слѣдующимъ образомъ: «Физики англiйскiе, говоритъ онъ, каковы лордъ Кельвинъ въ своей теорiи вихревыхъ атомовъ или Максвелль въ своемъ допущенiи системы клѣтокъ, содержимое которыхъ находится во вращательномъ движенiи—гипотезѣ, служащей основанiемъ его попытки механическаго объясненiя электромагнитныхъ явленiй,—нашли, повидимому, въ такого рода объясненiяхъ болѣе живое удовле-

твореніе, чѣмъ въ весьма общемъ описаніи фактовъ и ихъ законовъ, т. е. въ системѣ дифференціальныхъ уравненій физики. Я за себя могу утверждать, что до сихъ поръ я держался этого послѣдняго рода описанія и съ нимъ чувствую гораздо больше увѣренности въ себѣ, чѣмъ съ какимъ либо другимъ; тѣмъ не менѣе я не могу имѣть ничего принципіальнаго противъ метода, которому слѣдуютъ эти великіе физики» [1]).

Впрочемъ, въ настоящее время дѣло вовсе не въ томъ, допускаютъ ли умы сильные, чтобы умы съ богатымъ воображеніемъ пользовались образами и моделями, а въ томъ, имѣютъ ли они сами право заботиться о единствѣ и логической стройности физическихъ теорій. Умы съ богатымъ воображеніемъ въ дѣйствительности не ограничиваются заявленіемъ, что употребленіе конкретныхъ образовъ имъ необходимо для пониманія абстрактныхъ теорій. Нѣтъ, они утверждаютъ, что, создавая для каждой изъ главъ физики механическую модель или алгебраическій аппаратъ, безъ всякой связи съ моделью, которая служила для иллюстраціи предыдущей главы, и съ моделью, которая послужитъ для иллюстраціи слѣдующей главы, они удовлетворяютъ всѣмъ законнымъ требованіямъ нашего интеллекта; что попытки нѣкоторыхъ физиковъ построить теорію логически цѣльную, основанную на возможно меньшемъ числѣ независимыхъ и точно формулированныхъ гипотезъ, представляютъ собою работу, неудовлетворяющую никакой потребности здороваго ума. На этомъ основаніи люди, руководящіе обученіемъ и научными изслѣдованіями, должны, по ихъ мнѣнію, удерживать физиковъ отъ этой безполезной работы.

Подобнаго рода утвержденія вы слышите постоянно въ сотнѣ различныхъ формъ отъ всѣхъ людей типа ума широкаго и утилитарнаго. Что же мы отвѣтимъ на все это въ защиту необходимости и преимущества абстрактныхъ и логически упорядоченныхъ теорій?

Что мы можемъ отвѣтить на слѣдующій вопросъ, настойчиво предлагаемый въ настоящее время: позволительно-ли символизировать нѣсколько различныхъ группъ экспериментальныхъ законовъ или даже одну только группу ихъ при помощи нѣсколькихъ теорій, каждая изъ которыхъ основана на гипоте-

1) H. von Helmgoltz: Preface de l'ouvrage de H. Hertz, Die Principien der Mechanik, стр., 21.

захъ, не совмѣстимыхъ съ гипотезами, лежащими въ основѣ другихъ теорій?

На этотъ вопросъ мы не замедлимъ отвѣтить слѣдующее: если руководствоваться исключительно строго логическими соображеніями, мы не можемъ запретить физику выразить различныя группы законовъ или даже одну только группу ихъ посредствомъ нѣсколькихъ теорій, несовмѣстимыхъ между собой; невозможно осудить отсутствіе связи въ физической теоріи.

Люди, видящіе въ физической теоріи объясненіе законовъ неорганическаго міра, будутъ весьма недовольны подобнаго рода заявленіемъ. Было бы, дѣйствительно, абсурдомъ требовать, чтобы два различныхъ объясненія одного и того же закона были точны въ одно и то же время. Было бы абсурдомъ объяснять одну группу законовъ, исходя изъ одной гипотезы строенія матеріи, и другую группу законовъ, исходя изъ совершенно другой гипотезы ея строенія. Въ объяснительной теоріи не можетъ быть ни малѣйшаго намека даже на противорѣчіе.

Но если же принимаютъ, что физическая теорія есть лишь система, ставящая себѣ задачей классификацію группы экспериментальныхъ законовъ, какъ это пытались показать мы, то какъ можно почерпать въ ученіяхъ логики право осуждать физика, пользующагося различными методами классификаціи для упорядоченія различныхъ группъ законовъ или для одной и той же группы законовъ дающаго нѣсколько классификацій, исходящихъ изъ различныхъ методовъ? Запрещаетъ ли логика естествоиспытателю одну группу животныхъ классифицировать на основаніи нервной системы, а другую группу на основаніи кровообращенія? Будетъ ли это абсурдомъ, если зоологъ будетъ излагать послѣдовательно систему Bouvier, группирующаго молюсковъ по расположенію ихъ нервныхъ волоконъ, и затѣмъ систему Remy Perrier, сравненія котораго основываются на изученіи органа Bojanus'a? Такимъ же образомъ физикъ логически имѣетъ право разсматривать одинъ разъ матерію, какъ нѣчто сплошное, непрерывное, а другой разъ считать ее состоящей изъ отдѣльныхъ атомовъ; онъ имѣетъ право дѣйствія капилярности объяснять силами притяженія, существующими между неподвижными частичками, и тѣмъ же частичкамъ приписывать быстрыя движенія, чтобы объяснить тепловыя дѣйствія; ни

одно изъ этихъ объясненій, взятое въ отдѣльности, не окажется въ противорѣчіи съ принципами логики.

Очевидно, что логика возлагаетъ на физика одну только обязанность: не смѣшивать различныхъ методовъ классификацій, которыми онъ пользуется. Это значитъ, что если онъ устанавливаетъ извѣстную связь между двумя законами, онъ обязанъ вполнѣ точно указать, какимъ изъ указанныхъ имъ методовъ эта связь оправдывается. Именно это хотѣлъ выразить Пуанкарэ, когда онъ написалъ слѣдующія слова, приведенныя нами уже выше: «Изъ двухъ противорѣчивыхъ теорій каждая сама по себѣ можетъ служить полезнымъ вспомогательнымъ средствомъ для изслѣдованій, если только не смѣшивать ихъ и не искать въ нихъ сущности вещей» [1]).

Итакъ, логика не даетъ ни одного неоспоримаго аргумента для того, кто желалъ бы приписать физической теоріи порядокъ, свободный отъ всякихъ противорѣчій. Окажутся ли достаточныя основанія въ пользу этого порядка въ принципѣ, выраженномъ въ стремленіи науки къ величайшей экономіи мышленія? Мы думаемъ, что нѣтъ.

Въ началѣ настоящей главы мы показали сколь различна можетъ быть оцѣнка различными мыслителями экономіи мысли, вытекающей изъ извѣстной интеллектуальной операціи. Мы видѣли, что тамъ, гдѣ сильный, но узкій умъ видитъ облегченіе, умъ широкій но слабый чувствуетъ большую усталость.

Ясно, что умы, способные къ воспріятію абстрактныхъ идей, къ образованію общихъ сужденій, къ построенію строго логическихъ дедукцій, но легко запутывающіеся въ группировкѣ болѣе или менѣе сложной, сочтутъ теорію тѣмъ болѣе удовлетворительной, тѣмъ болѣе экономной, чѣмъ совершеннѣе ея порядокъ, чѣмъ рѣже единство и цѣльность ея нарушается пробѣлами или противорѣчіями.

Но воображеніе, столь широкое, что оно однимъ взглядомъ можетъ охватить сложную группировку ничѣмъ между собою не связанныхъ вещей, не чувствуя потребности въ упорядоточеніи ихъ, бываетъ обыкновенно связано съ умомъ столь слабымъ, что онъ боится абстракціи, обобщенія, дедукціи. Люди съ большимъ воображеніемъ и слабымъ умомъ найдутъ, что значительная логическая работа, объединяющая различныя части теоріи въ одну

---

[1]) H. Poincaré: Èlectricité et Optique. 1. Les théories de Maxwell et la héorie électromagnetique de la lumière. Introduction, стр. IX.

цѣльную систему, требуетъ отъ нихъ большаго труда, чѣмъ усвоеніе этихъ отдѣльныхъ разрозненныхъ частей. Поэтому, они вовсе не не признаютъ въ переходѣ отъ отсутствія связи къ цѣльности экономію мысли.

Ни принципъ противорѣчія, ни законъ экономіи мысли не даютъ намъ возможности неопровержимо доказать, что физическая теорія должна быть логически упорядочена. Откуда же мы возьмемъ аргументъ въ пользу такого мнѣнія?

Мнѣніе это имѣетъ свои законныя основанія, вытекая изъ прирожденнаго намъ чувства, которое чисто логическими разсужденіями оправдано быть не можетъ, но которое и подавить вполнѣ невозможно. Даже ученые, создавшіе теоріи, отдѣльныя части которыхъ совсѣмъ не согласуются между собою, въ которыхъ описано столько же различныхъ, ничѣмъ между собою не связанныхъ моделей механическихъ или алгебраическихъ, сколько имѣется главъ въ ихъ книгѣ, дѣлаютъ это неохотно. Достаточно прочитать предисловіе, предпосланное Максвеллемъ своему учебнику электричества и магнитизма, изобилующему неразрѣшимыми противорѣчіями, чтобы убѣдиться, что противорѣчія эти далеко не были желательны, что авторъ, наоборотъ, желалъ получить вполнѣ стройную теорію электромагнитизма. Создавая свои безчисленныя модели, столь мало между собою связанныя, лордъ Кельвинъ не перестаетъ надѣяться, что настанетъ когда нибудь день, когда будетъ возможно дать механическое о б ъ я с н е н і е матеріи. Онъ тѣшитъ себя надеждой, что модели его сослужатъ роль вѣхъ, которыя укажутъ путь къ открытію этого объясненія.

Каждый физикъ естественно стремится къ единству науки. Въ этомъ причина, почему употребленіе моделей, ничѣмъ между собой несвязанныхъ и несовмѣстимыхъ, было предложено лишь немного лѣтъ тому назадъ. Будь полное и детальное механическое объясненіе законовъ физики—дѣло достижимое, то и разумъ, требующій теоріи, всѣ части которой были-бы между собой логически связаны, и воображеніе, желающее выразить эти различныя части теоріи въ конкретныхъ образахъ, видѣли бы въ такомъ объясненіи осуществленіе своихъ цѣлей. Въ этомъ причина той горячности, съ которой теоретики съ давнихъ поръ стараются найти подобное объясненіе. Когда тщетность этихъ усилій была доказана съ очевидностью, когда убѣдились, что подобное объясненіе есть химера [1]),

[1]) За подробностями по этому вопросу отсылаю читателя къ моей книгѣ L'èvolution de la Mècanique, Paris 1903.

физики, придя къ убѣжденію, что невозможно одновременно удовлетворить и требованіямъ разума и потребности воображенія, вынуждены были сдѣлать выборъ. Умы сильные и послѣдовательные, считаясь прежде всего съ требованіями разума, отказываются требовать отъ физической теоріи объясненія законовъ природы, чтобы за то спасти цѣльность и послѣдовательность теорій. Умы же широкіе, но слабые, считаясь съ требованіями воображенія, болѣе сильнаго у нихъ, чѣмъ разумъ, отказываются строить логическую систему, чтобы имѣть зато возможность изобразить части своей теоріи въ формѣ видимой и осязательной. Но отказъ этихъ послѣднихъ—по крайней мѣрѣ, тѣхъ, съ мнѣніемъ которыхъ приходится считаться,—никогда не былъ полнымъ и окончательнымъ. Свои конструкціи, разрозненныя и между собою не связанныя, они всегда выдавали за временные наброски, за лѣса, которые скоро должны быть убраны. Они никогда не теряютъ надежды, что настанетъ когда нибудь день и явится геніальный архитекторъ, который построитъ зданіе, всѣ части котораго будутъ возведены по одному плану,—зданіе, которое будетъ образцомъ цѣльности. Только тѣ, которые притворяются, будто они слишкомъ низко цѣнятъ силу ума, чтобы произвести такое впечатлѣніе, будто они обладаютъ широкимъ умомъ, унизились до того, чтобы принять эти лѣса за законченный памятникъ.

Такимъ образомъ, всѣ люди, способные разсуждать, способные разбираться въ собственныхъ своихъ мысляхъ, чувствуютъ въ себѣ это непобѣдимое стремленіе къ логической цѣльности физической теоріи. Это стремленіе къ теоріи, всѣ части которой логически между собою связаны, съ другой стороны неразрывно связано съ другимъ стремленіемъ, непобѣдимую силу котораго мы констатировали уже выше [1]), со стремленіемъ къ теоріи, дающей естественную классификацію физическихъ законовъ. Въ самомъ дѣлѣ, мы чувствуемъ, что если дѣйствительныя отношенія между вещами, не схваченныя методами, которыми пользуется физикъ, какимъ нибудь образомъ отражаются въ нашихъ физическихъ теоріяхъ, то это отраженіе не можетъ быть лишено порядка и цѣльности. Доказать неопровержимыми аргументами, что это чувство соотвѣтствуетъ дѣйствительности, было бы дѣломъ, выходящимъ за предѣлы средствъ физики. Какъ мы могли бы указать черты, которыя должны быть присущи этому отраженію, разъ объекты, да-

[1]) См. главу II, § 4.

ющіе это отраженіе, внѣ поля нашего зрѣнія? И тѣмъ не менѣе чувство это возникаетъ въ насъ съ неодолимой силой и того, кто захотѣлъ бы видѣть въ этомъ лишь миражъ, иллюзію, вы не могли бы заставить замолчать, исходя изъ принципа противорѣчія; вы могли бы только сказать, что онъ лишенъ здраваго смысла.

Въ этомъ случаѣ, какъ и во всѣхъ другихъ, наука не могла бы доказать законности своихъ принциповъ, даже тѣхъ, которыми опредѣляются ея методы и ея изслѣдованія, если бы она не руководствовалась здравымъ смысломъ. Въ основѣ всѣхъ нашихъ ученій, самымъ яснымъ образомъ сформулированныхъ, строго логически выведенныхъ, мы всегда найдемъ это безпорядочное стеченіе тенденцій, стремленій и интуицій. Нѣтъ такого глубокаго анализа, который могъ бы раздѣлить ихъ, чтобы разложить ихъ, на элементы болѣе простые. Нѣтъ того языка, достаточно тонкаго и гибкаго, чтобы опредѣлить и сформулировать ихъ. И тѣмъ не менѣе истины, которыя открываетъ намъ здравый человѣческій разсудокъ, столь ясны, столь достовѣрны, что мы не можемъ ни не признавать ихъ, ни усомниться въ нихъ. Болѣе того: всякая научная ясность, всякая научная достовѣрность есть лишь отраженіе ихъ ясности и дальнѣйшее усиленіе ихъ достовѣрности.

Итакъ, въ распоряженіи разума нѣтъ логическаго аргумента, который могъ бы помѣшать физической теоріи разорвать цѣпи строгой логики, но «природа поддерживаетъ немощный умъ и мѣшаетъ ему свихнуться до такой степени» [1]).

---

[1]) Pascal: Pensèes, èdition Havet, art. 8.

ЧАСТЬ ВТОРАЯ.

СТРОЕНІЕ ФИЗИЧЕСКОЙ ТЕОРІИ.

ГЛАВА ПЕРВАЯ.

Количество и качество.

---

§ I.—Теоретическая физика есть физика математическая.

Въ первой части настоящаго сочиненія была точно намѣчена цѣль, которую долженъ ставить себѣ физикъ, приступая къ построенію теорій.

Мы видѣли, что физическая теорія должна быть системой логически связанныхъ между собою положеній, а не рядомъ механическихъ или алгебраическихъ моделей, не объединеннымъ никакой связью. Задача этой системы дать не объясненіе, а описаніе и, естественную классификацію системы экспериментальныхъ законовъ.

Это требованіе—связать одной логической цѣпью, строго логическимъ порядкомъ большое число положеній—вовсе не маловажно и удовлетвореніе его вовсе не легко. Вѣковой опытъ достаточно свидѣтельствуетъ, какъ легко одно какое нибудь ложное заключеніе можетъ вкрасться въ рядъ умозаключеній, какъ будто совершенно безупречный. Но есть одна наука, логика которой достигла такой степени совершенства, что заблужденія легко въ ней избѣгать и не менѣе легко ихъ замѣтить, если они все же вкрадываются. Наука эта есть наука чиселъ, ариѳметика, вмѣстѣ съ дальнѣйшимъ расширеніемъ ея, алгеброй. Этимъ совершенствомъ своимъ наука эта обязана своему символическому языку величайшей краткости, гдѣ каждое понятіе изображается знакомъ, опредѣленіе котораго исключаетъ всякую двусмысленность, гдѣ каждая фраза дедуктивнаго разсужденія представлена операціей, комбинирующей знаки по твердо установленнымъ правиламъ, вычисленіемъ, точность котораго всегда не трудно провѣрить. Этотъ краткій и точный

языкъ обезпечиваетъ за алгеброй такое развитіе, что въ ней нѣтъ или почти нѣтъ противоположныхъ доктринъ и враждующихъ между собою школъ.

Однимъ изъ величайшихъ славныхъ дѣлъ геніевъ, украсившихъ собою XVI и XVII столѣтія, было познаніе слѣдующей истины: физика не будетъ ясной и точной наукой, свободной отъ постоянныхъ и безплодныхъ споровъ, ареной которыхъ она была до тѣхъ поръ, способной добиться всеобщаго признанія для своихъ доктринъ, покуда она не станетъ пользоваться языкомъ математики. Они положили начало истинной теоретической физикѣ, понявъ, что она должна быть физикой математической.

Зародившись въ XVII столѣтіи, математическая физика своими поразительными и постоянными успѣхами въ изученіи природы доказала, что она обладаетъ здравымъ физическимъ методомъ. Въ настояще время было бы невозможно, не входя въ противорѣчіе съ простымъ здравымъ смысломъ, отрицать, что физическія теоріи должны быть выражены на языкѣ математическомъ.

Для того, чтобы физическая теорія могла быть изложена въ формѣ цѣпи алгебрическихъ вычисленій, необходимо, чтобы всѣ понятія, которыми она пользуется, могли быть выражены въ числахъ. Мы можемъ, поэтому, задаться теперь слѣдующимъ вопросомъ: при какомъ условіи физическое свойство можетъ быть обозначено численнымъ символомъ?

§ II.—Количество и мѣра.

Первый отвѣтъ на этотъ вопросъ, который приходитъ въ голову, таковъ: для того, чтобы свойство, которое мы находимъ въ тѣлахъ, могло быть обозначено численнымъ символомъ, необходимо и достаточно, чтобы—говоря языкомъ Аристотеля—свойство это принадлежало къ категоріи количества, а не къ категоріи качества, необходимо и достаточно, —чтобы, говоря языкомъ, болѣе охотно употребляемымъ современными математиками,—это свойство было величиной.

Каковы же существенныя особенности величины? Какъ мы узнаемъ, напримѣръ, что длина линіи есть величина?

Сравнивая различныя длины между собою, мы наталкиваемся на понятія длинъ, равныхъ и неравныхъ, и эти понятія обнаруживаютъ слѣдующія два существенныхъ признака:

Двѣ длины, равныя одной и той же другой длинѣ, равны между собой.

Если первая длина больше второй и эта вторая больше третьей, то первая длина больше третьей.

Эти два признака даютъ намъ уже возможность выразить, что двѣ длины A и B равны между собою, воспользовавшись для этого ариѳметическимъ символомъ = и написавъ: $A=B$. Они же даютъ намъ возможность выразить, что длина A больше длины B, написавши: $A>B$ или $B<A$. И дѣйствительно, единственныя свойства знаковъ равенства или неравенства, которыя мы находимъ въ ариѳметикѣ или въ алгебрѣ, суть слѣдующія:

1. Изъ двухъ равенствъ $A=B$, $B=C$ вытекаетъ равенство $A=C$.

2. Изъ двухъ неравенствъ $A>B$, $B>C$, вытекаетъ неравенство $A>C$.

Эти же свойства принадлежатъ еще знакамъ равенства и неравенства, когда мы пользуемся ими для изученія длинъ.

Если мы помѣстимъ одну вслѣдъ за другой нѣсколько длинъ A, B, C..., мы получимъ новую длину S. Эта новая длина S больше каждой изъ слагаемыхъ длинъ A, B, C. Она не измѣняется, если перемѣнить порядокъ, въ которомъ расположены слагаемыя. Она не измѣняется также, если замѣнить нѣкоторыя изъ слагаемыхъ, напримѣръ, B, C длиной, которая получается, если расположить эти послѣднія одну вслѣдъ за другой, отдѣльно отъ остальныхъ.

Этихъ немногихъ признаковъ достаточно уже, чтобы мы могли воспользоваться ариѳметическими знаками сложенія для изображенія операцій расположенія длинъ одной вслѣдъ за другой и написать $S=A+B+C+\dots$

Дѣйствительно, послѣ всего сказаннаго мы можемъ написать:

$$A+B>A, \quad A+B>B$$
$$A+B=B+A,$$
$$A+B+C=A+(B+C).$$

Эти равенства и неравенства суть единственные основные постулаты ариѳметики. Такимъ образомъ всѣ ариѳметическія правила, служащія для комбинаціи чиселъ, могутъ быть примѣнены и къ длинамъ.

Ближайшее изъ нихъ есть правило у м н о ж е н і я. Длина, полученная уложеніемъ въ рядъ одной за другой n длинъ равныхъ между собой и длинѣ A, можетъ быть выражена символомъ $A\times n$.

Этотъ дальнѣйшій шагъ впередъ въ примѣненіи правилъ ариѳметики къ длинамъ есть исходный пунктъ для измѣренія длинъ, позволяющаго намъ каждую длину выразить числомъ, употребляемымъ въ связи съ опредѣленной, разъ на всегда выбранной, нормальной единицей.

Возьмемъ такую единицу длины, метръ, напримѣръ, т. е. длину, которую имѣетъ опредѣленный металлическій стержень, сохраняемый при вполнѣ опредѣленныхъ условіяхъ въ интернаціональномъ бюро мѣръ и вѣсовъ.

Извѣстныя длины могутъ быть получены расположеніемъ одной вслѣдъ за другой n длинъ, равныхъ одному метру каждая. Число n вмѣстѣ съ обозначеніемъ метра вполнѣ представляетъ тогда такую длину; мы говоримъ тогда, что это есть длина въ n метровъ.

Нѣкоторыя другія длины не могутъ быть получены такимъ образомъ. Но онѣ могутъ быть получены, если расположить одну вслѣдъ за другой p равныхъ частей, между тѣмъ какъ q тѣхъ же частей, расположенныхъ одна вслѣдъ за другой, дали бы длину метра. Въ такомъ случаѣ длина такая была бы вполнѣ извѣстна, если обозначить ее дробью $\frac{p}{q}$ вмѣстѣ съ обозначеніемъ метра; мы имѣли бы тогда длину въ $\frac{p}{q}$ метровъ.

Несоизмѣримое число, тоже вмѣстѣ съ обозначеніемъ нормальной единицы, дастъ намъ возможность подобнымъ же образомъ выразить каждую длину, непринадлежащую ни къ одной изъ двухъ опредѣленныхъ нами категорій. Однимъ словомъ, какую бы длину ни взять, она вполнѣ извѣстна, когда мы говоримъ, что это—длина въ x метровъ, гдѣ x есть число цѣлое, дробное, или несоизмѣримое.

Затѣмъ сложеніе символическое $A + B + C + \ldots$, которымъ мы изобразили операцію послѣдовательнаго присоединенія нѣсколькихъ длинъ, можетъ быть замѣнено настоящимъ ариѳметическимъ сложеніемъ. Достаточно измѣрить каждую изъ длинъ A, B, C... одной и той же единицей, метромъ, напримѣръ. Мы получимъ тогда числа метровъ a, b, c... Прибавляя послѣдовательно длины A, B, C, ... мы получили длину S. Если и ее измѣрить въ метрахъ, то она будетъ выражена числомъ s, которое будетъ ариѳметической суммой чиселъ a, b, c.... составляющихъ мѣры длинъ A, B, C. Символическое равенство $A+B+C+\ldots=S$ между слагаемыми длинами и результирующей длиной замѣнится тогда ариѳметическимъ ра-

венствомъ $a+b+c+\ldots=s$ между числами метровъ, изображающими эти длины.

Такъ, выбравъ единицу длины и производя измѣренія, мы можемъ воспользоваться знаками ариѳметики и алгебры—придуманными для операцій надъ числами—для изображенія операцій, произведенныхъ надъ величинами.

То, что мы говорили о длинахъ, мы могли бы повторить и о поверхностяхъ, объемахъ, углахъ и временахъ. Всѣ физическіе аттрибуты, которые являются величинами, обнаруживаютъ аналогичные признаки. Вездѣ мы видимъ, какъ различные размѣры какой нибудь величины образуютъ соотношенія равенства или неравенства, которыя могутъ быть представлены при помощи знаковъ, $=$, $>$, $<$. Всегда мы можемъ подвергнуть величину операціи, обладающей двумя свойствами: она не измѣняется отъ перемѣны порядка ея членовъ и отъ замѣны нѣсколькихъ изъ нихъ ихъ суммой. Вслѣдствіе этого операція эта можетъ быть обозначена ариѳметическимъ символомъ сложенія, т. е. знакомъ $+$. Эта операція вводитъ измѣреніе въ изученіе этой величины, и даетъ возможность полнаго ея опредѣленія сочетаніемъ числа цѣлаго, дробнаго или несоизмѣримаго съ нормальной единицей; такое сочетаніе извѣстно подъ именемъ именованнаго числа.

§ III.—Количество и качество.

Существенный признакъ всякаго аттрибута, принадлежащаго къ категоріи количества, заключается, очевидно, въ слѣдующемъ: какіе бы размѣры величины какого-нибудь количества ни взять, они всегда могутъ быть получены путемъ сложенія меньшихъ размѣровъ того же количества. Каждое количество есть соединеніе—при помощи операцій перемѣстительной и сочетательной—меньшихъ количествъ, чѣмъ первое, но того же рода, чѣмъ оно, и образующихъ его части.

Этотъ признакъ перипететическая философія выразила слѣдующей формулой, слишкомъ краткой, чтобы могли быть вполнѣ ясны всѣ детали мысли: количество есть то, что имѣетъ части и однѣ части внѣ другихъ.

Всякій аттрибутъ, который не есть количество, есть качество.

«Качество, говоритъ Аристотель, есть одно изъ тѣхъ словъ, которое употребляется въ нѣсколькихъ значеніяхъ». Качество есть форма геометрической фигуры, образующей кругъ или треугольникъ; качества суть доступныя воспріятію свойства тѣлъ, теплота и хо-

лодъ, свѣтъ и тьма, красное и синее; быть здоровымъ есть качество; быть добродѣтельнымъ есть качество; быть ученымъ, математикомъ или музыкантомъ—все это качества.

«Есть качества, прибавляетъ мудрецъ изъ Тагира, которыя не могутъ быть восприняты больше или меньше; кругъ не можетъ быть больше или меньше кругомъ; треугольникъ не можетъ быть больше или меньше треугольнымъ. Но большая часть качествъ можетъ быть больше или меньше. Они могутъ имѣть интенсивность: вещь бѣлая можетъ стать еще болѣе бѣлой».

Съ перваго взгляда можетъ показаться заманчивымъ устанавливать связь между различными интенсивностями одного и того же качества и различными размѣрами одной и той же величины какого нибудь количества, сравнивать повышеніе интенсивности (intensio) или паденіе ея (remissio) съ увеличеніемъ какой нибудь длины, поверхности, или объема.

Пусть A, B, C суть различные математики. A можетъ быть такимъ же хорошимъ или лучшимъ или худшимъ математикомъ, чѣмъ B. Если A есть такой же хорошій математикъ, какъ B, а B такой же хорошій, какъ C, то A есть такой же хорошій математикъ какъ C. Если A есть лучшій математикъ, чѣмъ B, а B лучшій математикъ, чѣмъ C, то A есть лучшій математикъ, чѣмъ C.

Пусть A, B, C суть красныя вещества, съ которыми мы сравниваемъ ихъ оттѣнки. Вещество A можетъ имѣть столь же яркій, болѣе яркій и менѣе яркій цвѣтъ, чѣмъ вещество B. Если оттѣнокъ цвѣта A столь жеярокъ, какъ оттѣнокъ цвѣта B, а оттѣнокъ цвѣта B столь же ярокъ, какъ оттѣнокъ цвѣта C, то оттѣнокъ цвѣта A столь ярокъ, какъ оттѣнокъ цвѣта C. Если же цвѣтъ A болѣе ярокъ, чѣмъ цвѣтъ B, а цвѣтъ B болѣе ярокъ, чѣмъ цвѣтъ C, то цвѣтъ A болѣе ярокъ, чѣмъ цвѣтъ C.

Чтобы выразить, что два качества одного и того же рода суть качества одной и той же или не равной интенсивности, мы можемъ воспользоваться знаками, $=$, $>$, $<$; знаки эти имѣютъ здѣсь тѣ же свойства, что и въ ариѳметикѣ.

Но здѣсь аналогія между количествами и качествами прекращается.

Мы видѣли уже, что одно большое количество можетъ быть образовано сложеніемъ извѣстнаго числа небольшихъ количествъ того же рода. Большое число хлѣбныхъ зеренъ въ мѣшкѣ можетъ быть всегда получено смѣшеніемъ кучъ, изъ которыхъ каждая содержитъ меньшее количество зеренъ. Столѣтіе есть рядъ лѣтъ, годъ

есть рядъ дней, часовъ и минутъ. Мы проходимъ длинный путь во много миль, съ каждымъ шагомъ прибавляя небольшую часть къ пройденному уже пути. Обширное поле можетъ быть разбито на меньшіе участки.

Ничего подобнаго вы не найдете въ категоріи качества. Сколько вы ни соберете математиковъ средней величины въ одинъ многолюдный конгрессъ, вы не получите ничего, что могло бы быть эквивалентно какому-нибудь Архимеду или Лагранжу. Сколько вы не будете сшивать кусковъ матеріи краснаго цвѣта слабой яркости, вы не получите одного куска болѣе яркаго цвѣта.

Качество извѣстнаго рода и извѣстной интенсивности никакъ не можетъ получиться изъ нѣсколькихъ качествъ того же рода и меньшей интенсивности. Каждая интенсивность какого нибудь качества имѣетъ свои собственныя индивидидуальныя черты, которыми она абсолютно отличается отъ интенсивностей большихъ и меньшихъ. Качество извѣстной интенсивности не содержитъ, какъ составную свою часть, то же самое качество меньшей интенсивности, оно не входитъ также, какъ часть, въ составъ того же качества большей интенсивности. Кипящая вода бываетъ теплѣе, чѣмъ кипящій спиртъ, и этотъ послѣдній—теплѣе, чѣмъ кипящій эфиръ; но ни теплота кипящаго спирта, ни теплота кипящаго эфира не суть части теплоты кипящей воды. Было бы нелѣпо сказать, что теплота кипящей воды есть сумма теплоты кипящаго спирта и теплоты кипящаго эфира [1]). Дидро въ шутку спрашивалъ, сколько потребовалось бы комовъ снѣгу, чтобы нагрѣть печку; вопросъ этотъ можетъ смутить только того, кто смѣшиваетъ качество съ количествомъ.

Такимъ образомъ, мы въ категоріи качества не найдемъ ничего, что было бы похоже на образованіе большого количества сложеніемъ малыхъ количествъ, образующихъ его части; мы здѣсь не найдемъ операцій перемѣстительной и сочетательной, ничего что можно было бы назвать сложеніемъ и обозначить знакомъ +. Ясно, что на качествѣ **мѣра**, вытекающая изъ понятія сложенія, не могла бы быть основана.

---

[1]) Само собою разумѣется, что мы употребляемъ здѣсь слово „теплота" въ томъ смыслѣ, который придаетъ ему повседневная наша рѣчь, но который ничего общаго не имѣетъ съ тѣмъ, что физикъ понимаетъ подъ словомъ „теплота".

§ IV. Физика чисто количественная.

Когда аттрибутъ какой нибудь доступенъ измѣренію, когда онъ есть количество, то различныя величины этого количества могутъ быть выражены на языкѣ алгебры. Но доступны ли выраженію на языкѣ алгебры только количества, а качества не могутъ быть на немъ выражены? Философы XVII столѣтія, создавшіе математическую физику, несомнѣнно такъ думали. Чтобы создать математическую физику, созданіе которой было цѣлью ихъ стремленій, они должны были въ своихъ теоріяхъ разсматривать исключительно количества и строго изгонять изъ нихъ всякое понятіе качественное.

Кромѣ того всѣ эти философы усматривали въ физической теоріи не описаніе, а объясненіе выведенныхъ изъ опыта законовъ. Понятія, изложенныя въ этой теоріи, были для ея авторовъ не знаками и символами чувственныхъ свойствъ, но выраженіемъ самой дѣйствительности, скрывающейся за этими явленіями. Вся вселенная, которую чувства наши представляютъ намъ, какъ огромную совокупность качествъ, должна была, поэтому, представляться разуму, какъ система количествъ.

Всѣ эти стремленія, общія всѣмъ великимъ научнымъ реформаторамъ XVII столѣтія, нашли свое осуществленіе въ картезіанской философіи.

Полное игнорированіе качествъ при изученіи матеріальныхъ вещей—вотъ цѣль, какъ и наиболѣе характерная черта картезіанской физики.

Изъ всѣхъ наукъ одна только ариѳметика и дальнѣйшее расширеніе ея, алгебра совершенно свободны отъ понятій, заимствованныхъ изъ категоріи качества; только онѣ однѣ удовлетворяютъ идеалу, который ставилъ предъ всѣмъ естествознаніемъ Декартъ.

Уже въ геометріи умъ наталкивается на элементъ качественный, потому что наука эта «настолько связана разсмотрѣніемъ фигуръ, что она не можетъ изощрять пониманіе, не утомляя слишкомъ воображеніе». — «Возраженіе древнихъ противъ употребленія терминовъ ариѳметики въ геометріи, которая не могла развиваться потому, что они не видѣли достаточно ясно связи между ними,— вотъ причина неясности и путаницы въ ихъ объясненіяхъ». Эта неясность, эта путаница исчезнетъ, когда будетъ устранено изъ геометріи качественное понятіе формы, фигуры и будетъ сохранено только количественное понятіе разстоянія, будутъ сохранены уравне-

нія, гдѣ устанавливается связь между разстояніями различныхъ точекъ, подлежащихъ изученію. Хотя объекты ихъ различной природы, тѣмъ не менѣе различныя отрасли математики усматриваютъ въ этихъ объектахъ только «различныя отношенія или пропорціи, существующія между ними», такъ что достаточно разсматривать эти отношенія вообще, согласно методамъ алгебры, не думая совершенно объ объектахъ, между которыми эти отношенія существуютъ, ни о фигурахъ, въ которыхъ они осуществляются. Поэтому «все, что подлежитъ разсмотрѣнію математиковъ, сводится къ проблемамъ одного и того же типа, къ опредѣленію величинъ корней какого-нибудь уравненія». Вся математика сводится къ наукѣ чиселъ, въ ней разсматриваются только количества; качествамъ въ ней нѣтъ мѣста.

Послѣ того, какъ качества были изгнаны изъ геометріи, ихъ необходимо было изгнать и изъ физики. Для этого достаточно свести физику къ математикѣ, къ наукѣ, изучающей только количества, и именно это дѣло попытался осуществить Декартъ.

«Я не получаю никакихъ принциповъ въ физикѣ, говоритъ онъ, которые не были-бы также получены и въ математикѣ». Ибо—признаюсь въ этомъ чистосердечно—я никакой другой субстанціи въ матеріальныхъ вещахъ не признаю, кромѣ той, доступной всевозможнаго рода дѣленіямъ, могущей принять всевозможнаго рода фигуры и движенія, матеріи, которую математики называютъ количествомъ и дѣлаютъ объектомъ своихъ доказательствъ. И въ этой матеріи я абсолютно ничего другого не разсматриваю, кромѣ этихъ дѣленій, фигуръ и движеній и ничего другого не считаю въ нихъ истиннымъ, кромѣ того, что можетъ быть выведено изъ общихъ понятій, въ которыхъ никакое сомнѣніе невозможно, и притомъ выведено съ такой очевидностью, что этотъ выводъ равносиленъ математическимъ доказательствамъ. А такъ какъ всѣ явленія природы могутъ быть отсюда объяснены,—что будетъ доказано ниже,—то другихъ принциповъ физики искать не нужно, да они и не желательны» [1]).

Но прежде всего, что такое матерія? «Природа ея [2]) заключается не въ твердости, ни также въ тяжести, теплотѣ или другихъ качествахъ этого рода», а только «въ протяженности въ длину, ширину и глубину», въ томъ «что математики называютъ

---

[1]) Descartes: Principia Philosophiae, Pars II, art. LXIV.

[2]) Idem, Ibid., Pars II, art. II.

количествомъ» или объемомъ. Итакъ, матерія есть количество; количество какой-нибудь матеріи есть объемъ, который она занимаетъ; корабль содержитъ одинаковое количество матеріи, нагруженъ ли онъ ртутью или воздухомъ. «Тѣ, которые утверждаютъ [1]), будто они различаютъ между матеріальной субстанціей и протяженностью или количествомъ, либо подъ словомъ «субстанція» не представляютъ себѣ ничего либо имѣютъ при этомъ весьма смутную идею субстанціи нематеріальной».

Что такое движеніе? Тоже количество. Помножьте количество матеріи всякаго тѣла данной системы на его скорость и сложите всѣ произведенія и вы получите количество движенія системы. Покуда эта система не сталкивается ни съ какимъ чуждымъ ей тѣломъ, которое могло бы сообщить ей движеніе или отнять его у нея, количество движенія этой системы остается постояннымъ.

Такъ, во всей вселенной распространена одна единая, однородная, несжимаемая и нерасширяемая матерія, о которой мы не знаемъ ничего, кромѣ того, что она протяженна. Матерія эта дѣлима на части различной формы, и эти части могутъ находиться въ движеніи другъ относительно друга. Таковы единственныя дѣйствительныя свойства того, что образуетъ тѣла. Къ этимъ свойствамъ должны быть сводимы всѣ доступныя намъ качества, дѣйствующія на наши чувства. Задача картезіанской физики объяснить, какъ эти качества могутъ быть сведены къ тѣмъ свойствамъ.

Что такое тяжесть? Дѣйствіе, производимое на тѣла вихрями тонкой матеріи. Что такое теплое тѣло? Тѣло, «состоящее изъ маленькихъ частей, движущихся отдѣльно другъ отъ друга въ очень сильномъ и очень быстромъ движеніи». Что такое свѣтъ? Давленіе, производимое на эфиръ движеніемъ накаленныхъ тѣлъ и мгновенно передающееся на очень большія разстоянія. Всѣ безъ исключенія качества тѣлъ находятъ свое объясненіе въ теоріи, въ которой разсматриваются только геометрическое пространство, различныя фигуры, которыя можно въ немъ намѣтить, и различныя движенія этихъ фигуръ. «Вселенная есть машина, въ которой можно разсматривать только формы и движенія ея частей». Такъ, вся наука о матеріальной природѣ сводится къ своего рода универсальной ариѳметикѣ, откуда категорія качества радикально изгнана.

---

[1]) Descartes, Principia Philosophiae, Pars II, art. IX.

§ V.—Различныя интенсивности одного и того же качества могутъ быть выражены въ числахъ.

Теоретическая физика, какъ мы ее понимаемъ, не въ состояніи разсмотрѣть позади явленій, доступныхъ нашему воспріятію, дѣйствительныя свойства тѣлъ. Поэтому, она не можетъ также, не переступая законныхъ предѣловъ своихъ методовъ, рѣшить, какова природа этихъ свойствъ, качественная или количественная. Высказывая по этому пункту опредѣленное утвержденіе, картезіанское ученіе обнаруживаетъ притязанія, на нашъ взглядъ, неосновательныя.

Теоретическая физика не постигаетъ реальности вещей, а она ограничивается только описаніемъ доступныхъ воспріятію явленій при помощи знаковъ или символовъ. Но мы хотимъ, чтобы наша теоретическая физика была физикой математической, поэтому, необходимо, чтобы эти символы были символами алгебраическими, комбинаціями чиселъ. А такъ какъ только величины могутъ быть выражены въ числахъ, то мы не должны вводить въ наши теоріи ни одного понятія, которое не было бы величиной. Не утверждая, что въ основѣ всѣхъ матеріальныхъ вещей лежитъ только количество, мы ничего кромѣ количественнаго не введемъ въ систему физическихъ законовъ, которую мы построимъ; качеству нѣтъ мѣста въ этой системѣ.

Но вовсе нѣтъ надобности и соглашаться съ этимъ утвержденіемъ. Чисто качественный характеръ какого-нибудь понятія вовсе не несовмѣстимъ съ тѣмъ, чтобы числа служили для выраженія различныхъ величинъ его. Одно и то же качество можетъ имѣть безчисленное множество различныхъ степеней интенсивности. Вотъ эти различныя степени интенсивности можно, такъ сказать, котировать, обозначать извѣстными числами, употребляя одно и то же число въ двухъ случаяхъ, въ которыхъ одно и то же качество оказывается одной и той же интенсивности, и большее число тамъ, гдѣ разсматриваемое качество бываетъ болѣе интенсивно.

Существуетъ, напримѣръ, у человѣка такое качество: онъ—математикъ. Допустимъ, что извѣстное число молодыхъ математиковъ держитъ экзаменъ. Экзаменаторъ, который долженъ оцѣнить ихъ знанія, ставитъ каждому изъ нихъ отмѣтку и тѣмъ, которыхъ онъ считаетъ равно хорошими математиками, онъ ставитъ одну и ту

же отмѣтку, а если онъ одного изъ этихъ двухъ считаетъ лучшимъ математикомъ, то онъ ему ставитъ лучшую отмѣтку.

Вотъ это,—ткани краснаго цвѣта, но различной интенсивности. Купецъ, раскладывая ихъ по полкамъ, отмѣчаетъ ихъ номерами. Каждому номеру соотвѣтствуетъ вполнѣ опредѣленный оттѣнокъ краснаго цвѣта. Болѣе яркому цвѣту соотвѣтствуетъ и большій номеръ.

Передъ нами нагрѣтыя тѣла. Это тѣло столь же тепло, болѣе или менѣе тепло нагрѣто, чѣма то тѣло; это тѣло болѣе тепло или менѣе тепло нагрѣто въ данный моментъ, чѣмъ то тѣло. Каждая частица тѣла, какъ бы она ни была мала, представляется намъ одаренной извѣстнымъ качествомъ, которое мы называемъ теплотой, и интенсивность этого качества не одна и та же въ каждый данный моментъ во всѣхъ частицахъ тѣла; въ каждой точкѣ тѣла она измѣняется отъ момента къ моменту.

Мы могли бы въ нашихъ разсужденіяхъ говорить объ этомъ качествѣ, о теплотѣ, и о различныхъ степеняхъ его интенсивности. Но если мы хотимъ возможно больше пользоваться языкомъ алгебры, то мы, вмѣсто того, чтобы разсматривать именно это качество, теплоту, будемъ разсматривать численный символъ его, температуру.

Температура есть число, приписываемое каждой точкѣ тѣла въ каждый моментъ. Число это связано съ теплотой, существующей въ этотъ моментъ въ этой точкѣ. Двѣ теплоты равной интенсивности соотвѣтствуютъ двумъ температурамъ, численно равнымъ. Если въ одной точкѣ становится болѣе тепло, чѣмъ въ другой, то температура ея есть большее число, чѣмъ температура второй.

Допустимъ теперь, что M, M', M'' суть различныя точки и T, T', T'' суть числа, выражающія температуру. Ариѳметическое равенство $T=T'$ означаетъ въ такомъ случаѣ то же самое, что слѣдующая фраза: въ точкѣ M столь же тепло, какъ въ точкѣ M'. Ариѳметическое неравенство $T>T'$ значитъ то же самое, что слова: въ точкѣ M теплѣе, чѣмъ въ точкѣ M'.

Употребленіе числа, температуры, для выраженія различныхъ степеней интенсивности какого-нибудь качества, теплоты, основывается вполнѣ на слѣдующихъ двухъ положеніяхъ:

Если тѣло A столь же тепло, какъ тѣло B, и тѣло B столь же тепло, какъ тѣло C, то тѣло A столь же тепло, какъ тѣло C.

Если тѣло A теплѣе, чѣмъ тѣло B, а тѣло B теплѣе, чѣмъ тѣло C, то тѣло A теплѣе, чѣмъ тѣло C.

Этихъ двухъ положеній вполнѣ достаточно, чтобы мы могли выразить всѣ возможныя отношенія между различными степенями интенсивности теплоты знаками =, >, <, какъ мы ими выражаемъ взаимныя отношенія между числами или взаимныя отношенія различныхъ величинъ одного и того же количества.

Когда мнѣ говорятъ, что двѣ длины измѣряются числами 5 и 10 и никакихъ другихъ указаній мнѣ больше не даютъ, то я все же имѣю нѣкоторыя свѣдѣнія объ этихъ длинахъ: я знаю, что вторая длина больше первой; я знаю даже, что она вдвое больше первой. Эти свѣдѣнія все же весьма несовершенны: я не могу воспроизвести ни одной изъ этихъ длинъ, ни даже знать, велика ли она или мала.

Но я имѣю вполнѣ достаточныя указанія, когда кромѣ чиселъ 5 и 10, которыми измѣряются эти двѣ длины, мнѣ говорятъ еще, что эти послѣднія измѣрены въ метрахъ, и когда мнѣ указываютъ нормальную единицу метра или одну изъ ея копій. Вотъ тогда я могу, когда мнѣ угодно, воспроизвести обѣ длины.

Такъ и числа, которыми измѣряются величины равнаго рода, только тогда вполнѣ характеризуютъ эти величины, когда намъ конкретно извѣстна единица мѣры.

Нѣсколько математиковъ подверглось экзамену. Мнѣ говорятъ, что они получили отмѣтки 5, 10 и 15. Я имѣю тогда о нихъ извѣстное свѣдѣніе, позволяющее мнѣ, напримѣръ, классифицировать ихъ. Но этого свѣдѣнія еще недостаточно: я не могу представить себѣ таланта каждаго изъ нихъ, ибо я не знаю абсолютной величины отмѣтокъ, которыя они получили; я не знаю еще шкалы этихъ отмѣтокъ.

Мнѣ говорятъ, что температуры различныхъ тѣлъ выражаются числами 10, 20 и 100. Я знаю тогда только то, что первое тѣло менѣе тепло нагрѣто, чѣмъ второе, и второе менѣе, чѣмъ третье. Но это первое тѣло тепло или холодно? Можетъ оно растопить ледъ или нѣтъ? Обожжетъ меня третье тѣло? Можно ли его теплотой сварить яйцо? Всего этого я не знаю, покуда мнѣ неизвѣстна термометрическая шкала, къ которой отнесены эти температуры 10, 20, 100, т. е. мнѣ неизвѣстенъ способъ, при помощи котораго я могъ бы осуществить конкретно степени интенсивности теплоты, выраженныя числами 10, 20, 100. Но вотъ мнѣ даютъ градуированную стеклянную трубку со ртутью и говорятъ мнѣ, что температура массы воды должна быть взята равной 10 или 20 или 100, когда при погруженіи въ нее этой трубки ртуть

поднимается до 10-ой или 20-ой или 100-й градуированной линіи. Я тогда знаю все, что мнѣ нужно. Всякій разъ, когда мнѣ скажутъ численную величину какой-нибудь температуры, я смогу получить на самомъ дѣлѣ массу воды этой температуры, разъ у меня будетъ этотъ термометръ, на которомъ я смогу отсчитать ее

Какъ для опредѣленія числа необходимо не одно только абстрактное число, но и число вмѣстѣ съ единицей мѣры, такъ и для опредѣленія интенсивности какого-нибудь качества одного численнаго символа недостаточно еще, а сюда нужно прибавить еще указаніе на тотъ конкретный способъ, при помощи котораго можетъ быть создана шкала интенсивностей. Только зная эту шкалу, мы можемъ вложить физическій смыслъ въ алгебраическія правила о числахъ, изображающихъ различныя степени интенсивности изучаемаго качества.

Само собою разумѣется, что въ основѣ шкалы, служащей для опредѣленія различныхъ степеней интенсивности какого-нибудь качества, лежитъ извѣстное количественное дѣйствіе, имѣющее это качество своей причиной. Выбираютъ для этого дѣйствіе такъ, чтобы величина его возрастала съ усиленіемъ интенсивности качества, служащаго его причиной. Такъ, ртуть въ стеклянной трубкѣ замѣтно расширяется, если эта трубка окружена теплымъ тѣломъ. Расширеніе это тѣмъ больше, чѣмъ теплѣе тѣло. Предъ нами количественное дѣйствіе, которое даетъ намъ возможность построить термометръ, т. е. построить шкалу температуръ для численнаго обозначенія различныхъ степеней интенсивности теплоты.

Въ области качества понятію сложенія нѣтъ мѣста. Но оно оказывается на лицо, когда изучается количественное дѣйствіе, которое даетъ шкала для характеристики различныхъ степеней интенсивности какого-нибудь качества. Складывать различныя степени интенсивности теплоты невозможно, но видимыя расширенія жидкости въ твердомъ сосудѣ складывать можно; можно получать сумму нѣсколькихъ чиселъ, выражающихъ температуры.

Итакъ, если выбрать соотвѣтственную шкалу, то мы можемъ вмѣсто изученія различныхъ степеней интенсивности какого-нибудь качества разсматривать числа, подчиненныя правиламъ алгебры. Преимущества, которыя ожидали физики древности отъ подстановки на мѣсто качественнаго свойства, даннаго ихъ чувствамъ, гипотетическаго количества и отъ измѣренія величины этого количества, очень часто могутъ быть получены и безъ ссылки на такое гипотетическое количество, просто выборомъ соотвѣтственной шкалы.

Примѣръ—электрическій разрядъ.

Мы производимъ опыты надъ очень малыми наэлектризованными тѣлами. То, что намъ прежде всего бросается въ глаза, есть нѣчто качественное. Вскорѣ мы однако же замѣчаемъ, что качество это, наэлектризованность, не есть нѣчто простое, а оно можетъ имѣть двѣ прямо противоположныя формы, взаимно уничтожающіяся: электричество можетъ быть смолянным ъ или стекляннымъ.

Каково бы ни было данное электричество, смолянны мъ или стекляннымъ, оно можетъ быть еще болѣе или менѣе сильнымъ, т. е. оно можетъ имѣть различныя степени интенсивности.

Всѣ ученые, внесшіе свою лепту въ созданіе ученія объ электричествѣ, какъ Франклинъ, Эпинусъ, Кулонъ, Лапласъ, Пуассонъ, полагали, что въ физической теоріи качествамъ нѣтъ мѣста, что только количества имѣютъ въ ней право гражданства. Поэтому, разумъ ихъ искалъ позади этого качества, даннаго ихъ чувствамъ, позади наэлектризованнаго состоянія, нѣкоторое количество, количество электричества. Чтобы понять это количество, они представляли себѣ, что каждое изъ двухъ электрическихъ состояній обязано своимъ происхожденіемъ присутствію въ наэлектризованномъ тѣлѣ извѣстной электрической жидкости; интенсивность электрическаго состоянія тѣла они представляли себѣ тѣмъ больше, чѣмъ больше масса содержащейся въ немъ электрической жидкости; величина этой массы давала тогда количество электричества.

Изученіе этого количества играло въ теоріи существенную роль, вытекавшую изъ слѣдующихъ двухъ законовъ:

Алгебраическая сумма количествъ электричества, содержащагося въ группѣ тѣлъ, сумма, въ которой количества стекляннаго электричества обозначены знакомъ +, а количества смолянного электричества отмѣчены знакомъ —, не измѣняется, покуда эта группа тѣлъ не сообщается ни съ какимъ другимъ тѣломъ.

На опредѣленномъ разстояніи два небольшихъ наэлектризованныхъ тѣла отталкиваются съ силой, пропорціональной произведенію содержащихся въ нихъ количествъ электричества.

Прекрасно. Мы можемъ вполнѣ сохранить эти два положенія, и не прибѣгая къ помощи гипотетическихъ и маловѣроятныхъ жидкостей, и не лишая электрическаго состоянія его качественнаго характера, который ему приписываютъ наши непосредственныя наблюденія. Для этого намъ достаточно только выбрать соотвѣтствен-

ную шкалу, къ которой мы могли бы относить интенсивности электрическаго качества.

Возьмемъ небольшое тѣло, заряженное стекляннымъ электричествомъ. Позаботимся о томъ, чтобы оно осталось неизмѣннымъ и на разстояніи, тоже остающемся разъ навсегда постояннымъ, мы будемъ заставлять дѣйствовать на него каждое изъ тѣхъ маленькихъ тѣлъ, электрическое состояніе котораго мы хотимъ изучить. Каждое изъ этихъ тѣлъ будетъ дѣйствовать на первое наше тѣло съ силой, величину которой мы можемъ измѣрить. Отмѣтимъ, кромѣ того, величину эту знакомъ +, если тѣла будутъ отталкиваться, и знакомъ —, если они будутъ притягиваться. Такимъ образомъ тѣло, заряженное стеклянымъ электричествомъ, будетъ дѣйствовать на первое наше тѣло съ положительной силой и тѣмъ большей, чѣмъ больше его электрическій зарядъ, а каждое тѣло, заряженное смолянымъ электричествомъ, будетъ дѣйствовать на него съ силой отрицательной, абсолютная величина которой тѣмъ больше, чѣмъ интенсивнѣе будетъ его электрическій зарядъ.

Вотъ эту силу, элементъ количественный, доступный измѣренію и сложенію, мы и кладемъ въ основу нашей электрометрической шкалы, которая и дастъ намъ различныя положительныя числа для выраженія различныхъ степеней интенсивности стекляннаго электричества и различныя отрицательныя числа для выраженія различныхъ степеней интенсивности смолянного электричества. Вотъ эти числа, показанія, полученныя нами электрометрическими методами, мы, если угодно, можемъ называть количествами электричества; и оба существенныя положенія, формулированныя ученіемъ объ электрическихъ жидкостяхъ, снова получаютъ опредѣленный смыслъ и становятся правильными.

Нѣтъ лучшаго примѣра, способнаго сдѣлать болѣе очевидной слѣдующую истину: для того, чтобы превратить физику въ универсальную ариѳметику, какъ этого пожелалъ Декартъ, вовсе нѣтъ надобности слѣдовать за этимъ великимъ философомъ и отвергать всякое качество, ибо на языкѣ алгебры обсужденіе различныхъ степеней интенсивности какого-нибудь качества столь же возможно, какъ и обсужденіе различныхъ величинъ какого-нибудь количества.

ГЛАВА ВТОРАЯ

Первичныя качества.

---

§ I.—О чрезмѣрномъ размноженіи первичныхъ качествъ.

Изъ нѣдръ физическаго міра, съ которымъ насъ знакомитъ опытъ, выдѣлимъ тѣ свойства, которыя, какъ намъ кажется, должны разсматриваться, какъ первичныя. Эти свойства мы не будемъ пытаться ни объяснять, ни сводить къ другимъ, скрытымъ свойствамъ, а примемъ ихъ такими, какими мы узнаемъ ихъ при помощи нашихъ средствъ наблюденія, будь то въ формѣ количествъ, или въ формѣ качествъ. Мы будемъ рмзсматривать ихъ, какъ неразложимыя далѣе понятія, какъ элементы, изъ которыхъ мы должны строить наши теоріи. Но этимъ качественнымъ или количественнымъ свойствамъ пусть соотвѣтствуютъ математическіе символы, которые позволятъ намъ пользоваться при обсужденіи ихъ языкомъ алгебры.

Не приведетъ ли этотъ методъ къ тому злоупотребленію, въ которомъ ученые Эпохи Возрожденія столь сурово обвиняли физику схоластическую и которое они столь строго и безповоротно осудили?

Ученые, которымъ мы обязаны физикой современной, не могли простить—въ этомъ нѣтъ ни малѣйшаго сомнѣнія—философамъ схоластическимъ ихъ отвращенія къ обсужденію законовъ природы на языкѣ математическомъ. «Если мы что либо знаемъ, восклицалъ Гассенди [1]), мы это знаемъ при помощи математики; но объ истинномъ и правильномъ знаніи вещей эти люди и не заботятся! Они занимаются только мелочами!»

Но не это обвиненіе реформаторы физики наиболѣе часто и

---

1) Gassendi: Exercitationes paradoxicae adversus Aristotelicos. Exercitatio I.

съ наибольшей живостью выдвигали противъ ученыхъ схоластической школы. Нѣтъ, то было другое обвиненіе: каждый разъ, когда какое нибудь новое явленіе поражало ихъ взоръ, они открывали новое качество; каждому дѣйствію, котораго они не изучали, не подвергали ни малѣйшему анализу, они приписывали особое свойство; они воображали, что они дали объясненіе тамъ, гдѣ они ограничивались однимъ названіемъ, превративъ такимъ образомъ науку въ какой то жаргонъ, претенціозный и пустой.

«Эта манера философствовать, говорилъ Галилей [1]), очень сходна, мнѣ кажется, съ манерой рисовать, которая была у одного моего друга. Онъ писалъ мѣломъ на полотнѣ: здѣсь фонтанъ съ Діаной и ея нимфами и нѣсколько борзыхъ собакъ, въ углу охотникъ съ оленьими рогами, а далѣе поле, лѣсъ и холмъ; все остальное онъ предоставлялъ художнику дѣлать красками. Такъ, онъ уговорилъ себя, что онъ самъ нарисовалъ исторію Актеона, когда самъ онъ въ сущности далъ для этого лишь названія». Лейбницъ [2]), сравнивалъ методъ въ физикѣ философовъ, зводящихъ при каждомъ случаѣ новыя формы и новыя качества, съ методомъ людей, «которые вмѣсто того, чтобы разсмотрѣть, что такое часы, довольствуются утвержденіемъ, что часы,—это качество, указывающее время,—качество, вытекающее изъ ихъ формы».

Лѣнь ума, находящая удобнымъ довольствоваться словами, интеллектуальная нечестность, находящая выгоднымъ для себя платить и другимъ тѣмъ же,—пороки, довольно распространенные среди людей. Нѣтъ сомнѣнія, что физики схоластической школы, столь поспѣшно готовые приписать формѣ каждаго тѣла всѣ силы, которыхъ требовали ихъ пустыя и случайныя системы, довольно часто и сильно заражены были этими пороками. Но философія, допускающая качественныя свойства, не обладаетъ печальной монополіей на эти пороки. Въ такой же мѣрѣ ихъ можно найти и у противниковъ схоластической школы, гордыхъ тѣмъ, что *они все сводятъ къ количеству.*

Гассенди, напримѣръ,—убѣжденный атомистъ. Для него всякое чувственное качество есть ничто иное, какъ явленіе. Въ дѣйствительности для него нѣтъ ничего кромѣ атомовъ, ихъ группировокъ и и движеній. Но попросимъ его объяснить, согласно этимъ принципамъ, существенныя физическія качества, поставимъ ему слѣду-

---

[1]) Galilèe: Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo. Giornata terza.
[2]) Leibniz: Oeuvres, Edition Gerhardt, t, IV, стр. 434.

ющіе вопросы: что такое вкусъ? что такое запахъ? что такое звукъ? что такое свѣтъ? Что онъ намъ отвѣтитъ?

«Въ самой вещи [1]), которую мы называемъ вкусной, вкусъ заключается, какъ кажется, ни въ чемъ иномъ, какъ только въ частицахъ такой формы, что, проникнувъ на небо или на языкъ, остаются на тканяхъ этихъ органовъ и приводятъ ихъ въ такое движеніе, что они возбуждаютъ ощущеніе, которое мы называемъ вкусомъ».

«Въ дѣйствительности и запахъ заключается, какъ кажется, не въ чемъ иномъ, какъ въ извѣстныхъ частицахъ такой формы, что, когда онѣ улетучиваются и проникаютъ въ носовую полость, то онѣ такъ соотвѣтствуютъ тканямъ этого органа, что возбуждается ощущеніе, которое мы называемъ запахомъ».

«Звукъ заключается, какъ кажется, не въ чемъ иномъ, какъ въ нѣкоторыхъ частицахъ, которыя, будучи сгруппированы извѣстнымъ образомъ, быстро удаляются отъ звучащаго тѣла, проникаютъ въ ухо и вызываютъ ощущеніе, которое мы называемъ звукомъ».

«Свѣтъ въ свѣтящихся тѣлахъ заключается, какъ кажется, не чемъ иномъ, какъ въ весьма тонкихъ частицахъ, сгруппированныхъ такимъ образомъ, что, будучи выпущены свѣтящимся тѣломъ съ необычайной скоростью, они проникаютъ въ органъ зрѣнія, приводятъ его въ движеніе, вызывая ощущеніе, которое мы называемъ зрѣніемъ».

Былъ перипатетикъ, doctus bachelierus, который на вопросъ:

Demandabo causam et rationem quare
Opium facit dormire? [2])
отвѣтилъ: Quia est in eo
Virtus dormitiva
Cujus est natura
Sensus assoupire [3]).

Если бы этотъ бакалавръ отрицалъ Аристотеля и сталъ атомистомъ, Мольеръ, безъ сомнѣнія, встрѣчалъ бы его на фило-

---

[1]) P. Gassendi; Syntagma philosophicum, 1. V. cc. IX, X и XI.
[2]) Я спрошу причину и основаніе, почему опій усыпляетъ?
[3]) Потому что есть въ немъ усыпительная способность, природа которой усыплять чувства.

совскихъ собраніяхъ у Гассенди, которыя посѣщалъ этотъ великій писатель.

Впрочемъ, картезіанцамъ не слѣдовало бы слишкомъ уже торжествовать побѣду надъ атомистами и перипатетиками и указывать на смѣшныя стороны ихъ ученій. Вѣдь, одного изъ нихъ имѣлъ въ виду Паскаль, когда онъ писалъ слѣдующее: «есть люди, доходящіе до такого абсурда, что они слово объясняютъ тѣмъ же словомъ. Я знаю людей, которые опредѣляютъ свѣтъ такимъ образомъ: свѣтъ есть свѣтовое движеніе свѣтящихся тѣлъ. Какъ будто бы можно понять слова «свѣтовой» и «свѣтящійся», не понимая слова «свѣтъ» [1]) Намекъ этотъ направленъ противъ Ноэля, сначала учителя Декарта въ collège de La Flèche и впослѣдствіи одного изъ самыхъ ревностныхъ его учениковъ. Въ письмѣ этого послѣдняго о пустотѣ, адресованномъ Паскалю, мы читаемъ слѣдующее мѣсто: «Свѣтъ или скорѣе освѣщеніе есть свѣтовое движеніе лучей, состоящихъ изъ свѣтящихся тѣлецъ, которыя наполняютъ прозрачныя тѣла и получаютъ этотъ свѣтъ только отъ другихъ свѣтящихся тѣлъ».

Кто приписываетъ свѣтъ свѣтящейся силѣ, свѣтящимся тѣльцамъ или свѣтовому движенію, тотъ перипатетикъ, атомистъ или картезіанецъ. Но, если онъ воображаетъ, что онъ прибавилъ что нибудь къ нашимъ знаніямъ свѣта, то это уже человѣкъ неразумный. Во всѣхъ школахъ встрѣчаются мыслители, ошибающіеся, воображающіе, что они наполняютъ флаконъ драгоцѣнной жидкостью, когда они въ дѣйствительности лишь приклеиваютъ къ нему пышную этикетку. Но всѣ физическія ученія, разумно излагаемыя, въ одинъ голосъ осуждаютъ эту иллюзію. Наши старанія будутъ направлены къ тому, чтобы избѣгнуть ее.

§ II.—Первичное качество есть качество, не юридически, а фактически ни къ чему болѣе не сводимое.

Впрочемъ, сами принципы наши предостерегаютъ насъ отъ этого ложнаго взгляда, приписывающаго тѣламъ столько или почти столько различныхъ качествъ, сколько есть различныхъ дѣйствій, подлежащихъ объясненію. Наша задача дать системѣ физическихъ законовъ возможно болѣе простое и болѣе обобщенное описаніе. Мы поставимъ себѣ въ заслугу, если намъ удастся достичь

1) Pascal: De l'èsprit geometrique.

возможно болѣе полной экономіи мышленія. Ясно, поэтому, что для построенія нашей теоріи мы должны пользоваться минимальнымъ числомъ первичныхъ понятій и минимальнымъ числомъ простыхъ качествъ; мы должны доводить до послѣднихъ предѣловъ нашъ методъ анализа, разлагающій сложныя свойства, непосредственно данныя нашимъ чувствамъ, и сводящій ихъ къ небольшому числу свойствъ элементарныхъ.

Какъ же намъ узнать, что нашъ анализъ доведенъ до конца, что качества, къ которымъ онъ привелъ, не могутъ быть въ свою очередь разложены на качества болѣе простыя?

Ученые физики, занимающіеся построеніемъ объяснительныхъ теорій, выводятъ изъ философскихъ предписаній, которымъ они подчиняются, тѣ пробные камни, тѣ реактивы, по которымъ они узнаютъ, проведенъ ли анализъ того или другого свойства до послѣднихъ элементовъ. Атомистъ, напримѣръ, знаетъ, что задача его не рѣшена, покуда онъ не свелъ физическое дѣйствіе къ величинѣ, формѣ и группировкѣ атомовъ и къ законамъ удара. Ученый картезіанской школы питалъ полную увѣренность, что имъ не найдена еще дѣйствительная природа вещей, покуда онъ не находилъ въ качествѣ «протяженность и одно только ея измѣненіе».

Но мы не претендуемъ объяснять свойства тѣлъ, а мы желаемъ только дать имъ обобщенное алгебраическое выраженіе. При построеніи нашихъ теорій мы не ссылаемся ни на какой метафизическій принципъ, а желаемъ создать изъ физики автономную науку. Гдѣ же намъ взять критерій, руководствуясь которымъ мы могли бы объявлять одно качество дѣйствительно простыхъ и ни къ чему болѣе не сводимымъ, а другое—наоборотъ, сложнымъ и нуждающимся въ болѣе глубокомъ разложеніи?

Разсматривая какое нибудь свойство, какъ первичное и элементарное, мы этимъ не хотимъ вовсе сказать, что качество это по природѣ своей просто и неразложимо. Мы устанавливаемъ только дѣйствительный фактъ; мы заявляемъ, что всѣ наши усилія свести это качество къ другимъ завершились неудачей, что намъ не удалось его разложить.

Поэтому, всякій разъ когда физикъ будетъ констатировать группу явленій, до тѣхъ поръ не наблюденныхъ еще, когда онъ откроетъ группу законовъ, раскрывающихъ какъ будто нѣкоторое новое свойство, онъ прежде всего постарается узнать, не есть ли это свойство нѣкоторая комбинація качествъ, извѣстныхъ уже и

принятыхъ въ допущенныхъ теоріяхъ, комбинація, о существованіи которой до этихъ поръ не подозрѣвали. Только послѣ того, какъ всѣ усилія его, видоизмѣненныя много разъ, окажутся тщетными, онъ рѣшится разсматривать это свойство, какъ новое, первичное качество и ввести въ свои теоріи новый математическій символъ.

Говоря о своемъ раздуміи и о своей нерѣшительности при первыхъ наблюденіяхъ явленій диссоціаціи, Сентъ-Клеръ Девилль [1]) пишетъ: «Всякій разъ, когда открывается какой нибудь чрезвычайный, исключительный фактъ, то первая работа, можно сказать, первая обязанность человѣка науки приложить всѣ старанія, чтобы подвести этотъ фактъ подъ обычное правило,—операція, часто требующая больше работы и размышленія, чѣмъ само открытіе. Когда это удается, чувствуешь живое удовлетвореніе отъ того, что расширилъ, такъ сказать, область примѣненія физическаго закона, увеличилъ простоту и общность большой классификаціи...».

«Когда же новый фактъ не поддается никакому объясненію или всѣ добросовѣстныя усилія, по крайней мѣрѣ, подвести его подъ какой-нибудь законъ оказываются тщетными, необходимо искать другіе факты ему аналогичные. Когда они оказываются на лицо, необходимо временно сгруппировать ихъ въ одинъ классъ на основаніи созданной теоріи».

Когда Амперъ открылъ механическія дѣйствія между двумя проволоками, изъ которыхъ каждая соединяетъ два полюса электрической батареи, были давно ужъ извѣстны притягивающія и отталкивающія дѣйствія между двумя наэлектризованными кондукторами. Качество, обнаруживающееся въ этихъ притяженіяхъ и отталкиваніяхъ, было подвергнуто анализу и выражено подходящимъ математическимъ символомъ—положительнымъ или отрицательнымъ зарядомъ каждаго матеріальнаго элемента. Пользуясь этимъ символомъ, Пуассонъ построилъ математическую теорію, самымъ удачнымъ образомъ описывающую установленные Кулономъ экспериментальные законы.

Не было ли возможно свести вновь открытые законы къ этому качеству, введеніе котораго въ физику было уже совершившимся фактомъ? Нельзя ли было эти притяженія и отталкиванія между проволоками, каждая изъ которыхъ замыкаетъ цѣпь бата-

[1]) H. Sainte—Claire Deville: Recherches sur la decomposition des corps par la chaleur et la dissociation. (Bibliotheque Universelle, Archives, nouvelle periode, t. IX, стр. 59, 1860).

реи объяснить слѣдующимъ допущеніемъ: извѣстные электрическіе заряды такъ распредѣлены на поверхности этихъ проволокъ или внутри ихъ, что они притягиваются или отталкиваются съ силой, обратно пропорціональной квадрату разстоянія между ними, согласно основной гипотезѣ, на которой покоится теорія Кулона и Пуассона? Постановка этого вопроса, изслѣдованіе его физиками имѣли полное основаніе. Если бы какой нибудь физикъ рѣшилъ этотъ вопросъ въ утвердительномъ смыслѣ, если бы онъ свелъ законы явленій, наблюденныхъ Амперомъ, къ законамъ электростатики, установленнымъ Кулономъ, онъ оградилъ бы теорію электричества отъ разсмотрѣнія всякаго другого качества, кромѣ электрическаго заряда.

Съ самаго же начала предпринимались съ различныхъ сторонъ попытки свести законы силъ, открытыхъ Амперомъ, къ дѣйствіямъ электростатическимъ. Фарадей скоро положилъ конецъ этимъ попыткамъ, показавъ, что силы эти могутъ вызывать непрерывныя вращательныя движенія. Узнавъ о явленіи, открытомъ великимъ англійскимъ физикомъ, Амперъ тотчасъ же понялъ все великое его значеніе. Явленіе это, сказалъ онъ [1]), «доказываетъ, что дѣйствіе, существующее между двумя кондукторами, не можетъ быть приписано особому распредѣленію извѣстныхъ жидкостей, находящихся въ покоѣ въ этихъ кондукторахъ, какъ мы ему приписываемъ обычныя электрическія притяженія и отталкиванія».—«Дѣйствительно [2]), изъ принципа сохраненія живыхъ силъ, являющагося необходимымъ слѣдствіемъ самихъ законовъ движенія, съ необходимостью вытекаетъ слѣдующее: если элементарныя силы,—въ нашемъ случаѣ притяженія и отталкиванія съ силой, обратно пропорціональной квадрату разстоянія,—выражены черезъ простыя функціи отъ взаимныхъ разстояній между точками, между которыми эти дѣйствія происходятъ, и если нѣкоторыя части изъ этихъ точекъ неизмѣнно между собою связаны и движутся только подъ дѣйствіемъ этихъ силъ, а другія остаются неподвижными, то первыя не могутъ вернуться къ тому же положенію относительно вторыхъ съ большей скоростью, чѣмъ та, которую они имѣли въ началѣ движенія. Но въ непрерывномъ движеніи, сообщаемомъ подвижному кондуктору дѣйствіемъ кондуктора неподвижнаго, всѣ точки

---

[1]) Ampere: Exposé sommaire des nouvelles experiences electrodynamiques, и à l'Academie le 8 avril 1822. (Journal de Physique, t. XCIV, стр. 65).

[2]) Ampere: Theorie mathematique des phenomènes electrodynamiques, uniquement deduite de l'experience Ed. Hermann. стр. 96.

перваго возвращаются къ первоначальному положенію со скоростью, съ каждымъ оборотомъ возрастающей. Продолжается это такъ до тѣхъ поръ, покуда треніе и сопротивленіе подкисленной воды, въ которую погруженъ конецъ кондуктора, не кладутъ предѣлъ этому увеличенію скорости вращенія; съ этихъ поръ скорость эта остается постоянной, не смотря на это треніе и сопротивленіе».

«Такимъ образомъ вполнѣ доказано, что невозможно объяснить явленія, вызванныя дѣйствіемъ двухъ кондукторовъ, допущеніемъ, что электрическія частицы, дѣйствіе которыхъ обратно пропорціонально квадрату разстоянія между ними, распредѣлены на проводящихъ проволокахъ».

Безусловно необходимо различнымъ частямъ электрическаго проводника приписать свойство, не сводимое къ электрическому заряду. Здѣсь необходимо распознать новое первичное качество, существованіе котораго можно выразить, сказавъ, что по проволокѣ течетъ токъ. Электрическій токъ связанъ, повидимому, съ опредѣленнымъ направленіемъ и бываетъ болѣе и менѣе интенсивнымъ! Большей или меньшей интенсивности электрическаго тока можно дать выраженіе, нодобравъ подходящую шкалу. Тогда каждой интенсивности соотвѣтствуетъ опредѣленное число, за которымъ сохраняется названіе интенсивности электрическаго тока. Эта интенсивность электрическаго тока, математическій символъ первичнаго качества, дала возможность Амперу развить теорію электродинамическихъ явленій, служащую ко славѣ французской науки не менѣе, чѣмъ работы Ньютона—ко славѣ науки англійской.

Физикъ, заимствующій изъ какого нибудь метафизическаго ученія принципы, на основѣ которыхъ онъ хочетъ развить свои теоріи, заимствуетъ изъ этого же ученія и признаки, по которымъ онъ рѣшаетъ, есть ли данное качество — качество простое или сложное. Эти два слова имѣютъ для него абсолютный смыслъ. Другое дѣло физикъ, строящій свои теоріи совершенно самостоятельно и независимо отъ всякой философской системы: словамъ «простое качество», «первичное свойство» онъ приписываетъ смыслъ вполнѣ относительный, обозначая ими просто свойство, разложеніе котораго на другія качества для него невозможно.

Аналогичному же превращенію подвергся смыслъ приписываемый химиками словамъ: «простое, элементарное тѣло».

Перипатетикъ обозначалъ названіемъ простыхъ тѣлъ только четыре элемента: огонь, воздухъ, воду и землю. Всякое другое тѣло было для него тѣломъ сложнымъ. Покуда разложеніе его

не было доведено до того, чтобы оно распалось на тѣ четыре элемента, которые могли войти въ его составъ, анализъ его не былъ доведенъ до конца. Въ такой же мѣрѣ алхимикъ зналъ, что наука о разложеніяхъ только тогда могла считать послѣднюю цѣль своихъ операцій достигнутой, когда она получала соль, сѣру, ртуть и огнеупорную землю, сочетаніемъ которыхъ, согласно этому ученію, образовывались всѣ смѣси. И алхимикъ и перипатетикъ въ равной мѣрѣ утверждали, что они знаютъ признаки, характеризующіе вполнѣ абсолютнымъ образомъ истинныя элементарныя тѣла.

Школа Лавуазье ввела въ химію совершенно другое понятіе элементарнаго тѣла [1]): элементарное тѣло есть не такое тѣло, которое та или другая философская доктрина объявляетъ неразложимымъ, а только такое тѣло, которое мы не были въ состояніи разложить, тѣло, не поддающееся дальнѣйшему анализу, несмотря на всѣ вспомогательныя средства, имѣющіяся на лицо въ нашихъ лабораторіяхъ.

Произнося слово элементъ, алхимикъ и перипатетикъ съ гордостью утверждали, что они знаютъ дѣйствительную природу веществъ, послужившихъ основой для построенія всѣхъ тѣлъ міра. На устахъ современнаго химика то же самое слово есть выраженіе скромности,—сознанія своего безсилія: этимъ словомъ химикъ признаетъ, что всѣ попытки его разложить данное тѣло оказались безуспѣшными.

Въ награду за эту скромность современная химія добилась чрезвычайно плодотворныхъ результатовъ. Не основательно ли надѣяться, что за подобную же скромность и теоретическая физика будетъ вознаграждена не менѣе плодотворными результатами?

§ III.—Временный характеръ первичнаго качества.

«Мы не можемъ, поэтому, утверждать, говоритъ Лавуазье [2]), что то, что мы въ настоящее время считаемъ простымъ, просто и въ дѣйствительности; все, что мы можемъ сказать, это только то, что такое вещество есть предѣлъ, до котораго доходитъ въ настоящее время химическій анализъ, и при современномъ состоя-

---

[1]) Читатель, желающій познакомиться съ фазами, черезъ которыя прошло развитіе понятія элементарнаго тѣла, можетъ это сдѣлать по нашей книгѣ: „Le Mixte et la Combinaison chimique. Essai sur l'évolution d'une idée. Paris, 1902, II-e partie, c. I.

[2]) Lavoisier: Traité élémentai ede Chimie, troisième edition, t. 1, стр. 194.

ніи нашихъ знаній оно далѣе разложено быть не можетъ. Слѣдуетъ предположить, что земли придется вскорѣ перестать относить къ простымъ веществамъ...».

Дѣйствительно, въ 1807 году Гемфри Дэви превратилъ предсказаніе Лавуазье въ доказанную истину, доказавъ, что ѣдкое кали и ѣдкій натръ суть окиси двухъ металловъ, которыя онъ назвалъ каліемъ и натріемъ. Съ тѣхъ поръ изъ числа элементовъ было исключено множество тѣлъ, разложеніе которыхъ долгое время не удавалось.

Названіе элемента, которое носятъ нѣкоторыя тѣла, есть названіе временное. Оно существуетъ только до тѣхъ поръ, покуда не оказывается на лицо аналитическій методъ, болѣе остроумный или болѣе дѣйствительный, чѣмъ тотъ, который употреблялся до тѣхъ поръ,—методъ, при помощи котораго намъ удается простыя тѣла разложить на нѣсколько различныхъ тѣлъ.

Такой же временный характеръ носитъ и обозначеніе «первичное качество». Качество, которое мы въ настоящее время не можемъ свести ни къ какому другому физическому свойству, завтра можетъ потерять эту свою независимость. Завтра прогрессъ физики, можетъ быть, раскроетъ въ немъ комбинацію свойствъ, дѣйствія которыхъ, съ виду весьма различныя, мы уже открыли давно.

Изученіе свѣтовыхъ явленій приводитъ насъ къ тому, что мы разсматриваемъ свѣтъ, какъ первичное качество. Этому качеству присуще опредѣленное направленіе. Интенсивность его, далеко непостоянная, періодически измѣняется съ чрезвычайной быстротой, становясь тождественной самой себѣ нѣсколько сотъ триліоновъ разъ въ секунду. Линія, длина которой періодически измѣняется столь часто, даетъ геометрическій символъ, пригодный для изображенія свѣта. Этотъ символъ, свѣтовое колебаніе, даетъ возможность ввести это качество въ область математическихъ изслѣдованій. Свѣтовое колебаніе становится существеннымъ элементомъ, при помощи котораго строится теорія свѣта. Его составляющія служатъ для того, чтобы составить нѣсколько дифференціальныхъ уравненій, нѣсколько предѣльныхъ условій, въ которыхъ въ удивительномъ порядкѣ и съ необычайной краткостью обобщены и классифицированы всѣ законы распространенія свѣта, частичнаго и полнаго отраженія, преломленія и двойного преломленія свѣта.

Съ другой стороны анализъ явленій, наблюдаемыхъ на изоли-

рующихъ веществахъ, какъ, напримѣръ, сѣра, эбонитъ, парафинъ и т. д., въ присутствіи наэлектризованныхъ тѣлъ, заставилъ физиковъ приписывать этимъ діэлектрическимъ тѣламъ опредѣленное свойство. Послѣ того, какъ всѣ попытки свести это свойство къ электрическому заряду оказались безуспѣшными, они вынуждены были разсматривать его, какъ первичное качество, подъ именемъ діэлектрической поляризаціи. Въ каждой точкѣ изолирующаго вещества и въ каждый моментъ поляризація эта имѣетъ не только опредѣленную интенсивность, но и извѣстное направленіе, такъ что отрѣзокъ прямой линіи даетъ намъ математическій символъ, позволяющій намъ обсуждать діэлектрическую поляризацію на языкѣ математики.

Смѣлое расширеніе электродинамики, формулированной Амперомъ, дало возможность Максвеллю построить теорію измѣнчиваго состоянія діэлектриковъ. Теорія эта классифицируетъ и обобщаетъ законы всѣхъ явленій, происходящихъ въ изолирующихъ веществахъ, въ которыхъ діэлектрическая поляризація измѣняется отъ момента къ моменту. Всѣ эти законы обобщаются въ небольшое число уравненій, изъ которыхъ одни должны быть вѣрны для каждой точки изолятора, а другіе для каждой точки предѣльной поверхности между двумя различными діэлектриками.

Уравненія, которымъ подчинено свѣтовое колебаніе, были всѣ созданы такъ, какъ будто бы діэлектрическая поляризація вовсе не существовала. Уравненія, которыми опредѣляется діэлектрическая поляризація, были открыты на основѣ теоріи, въ которой свѣтъ даже и не упоминается.

И вотъ между этими уравненіями оказывается удивительное сходство.

Діэлектрическая поляризація, періодически измѣняющаяся, должна удовлетворять уравненіямъ, которыя всѣ похожи на уравненія, опредѣляющія свѣтовое колебаніе.

И не только уравненія эти имѣютъ одну и ту же форму, но даже и коэффиціенты ихъ имѣютъ одну и ту же численную величину. Такъ, если поляризовать какую-нибудь область въ пустотѣ или въ воздухѣ, до того совершенно свободныхъ отъ всякаго электричества, то тамъ развивается электрическая поляризація, которая и распространяется съ извѣстной скоростью. Уравненія Максвелля даютъ возможность опредѣлить эту скорость чисто электрическими методами, ничего общаго съ оптикой не имѣющими. Многочисленныя и вполнѣ согласныя измѣренія опредѣляютъ ве-

личину этой скорости въ 300,000 километровъ въ секунду. Это число въ точности равно скорости свѣта въ воздухѣ и пустотѣ— скорости, установленной четырьмя чисто оптическими методами, одинъ отъ другого совершенно различными.

Изъ этого неожиданнаго совпаденія приходится сдѣлать слѣдующій выводъ: свѣтъ не есть первичное качество; свѣтовое колебаніе есть не что иное, какъ періодически измѣняющаяся діэлектрическая поляризація; электромагнитная теорія свѣта, созданная Максвеллемъ, разложила одно свойство, которое до тѣхъ поръ считалось неразложимымъ; она вывела его изъ другого качества, съ которымъ — такъ казалось въ теченіе многихъ лѣтъ— оно не имѣетъ ничего общаго.

Такъ, развитіе самихъ теорій можетъ заставить физиковъ уменьшить число качествъ, которыя они до тѣхъ поръ разсматривали, какъ первичныя, доказавъ, что два свойства, которыя до тѣхъ поръ разсматривались, какъ различныя, суть нечто иное, какъ двѣ различныя стороны одного и того же свойства.

Слѣдуетъ ли отсюда заключить, что число допущенныхъ въ нашихъ теоріяхъ качествъ со дня на день уменьшается, что матерія, составляющая предметъ нашихъ спекулятивныхъ разсужденій, становится все болѣе и болѣе бѣдной существенными атрибутами и что она стремится къ простотѣ, которую можно было бы сравнить съ простотой матеріи атомистической или матеріи картезіанской? Такое заключеніе было бы, мнѣ думается, слишкомъ смѣлымъ. Само развитіе теоріи можетъ, безъ сомнѣнія, время отъ времени приводить къ сліянію двухъ различныхъ качествъ, какъ это было со свѣтомъ и діэлектрической поляризаціей въ электромагнитной теоріи свѣта. Но съ другой стороны непрерывное развитіе экспериментальной физики часто приводитъ къ открытію новыхъ категорій явленій и для классификаціи этихъ послѣднихъ и построенія законовъ ихъ часто бываетъ необходимо приписать матеріи и новыя свойства.

Итакъ, существуетъ два противоположныхъ теченія: одно стремится упростить матерію, сводя одни качества къ другимъ, а другое стремится усложнить ее открытіемъ новыхъ ея свойствъ. Какому же теченію суждена побѣда? Было бы неразумно пророчествовать на эту тему и на долгій срокъ. Можно сказать, по меньшей мѣрѣ, одно, а именно, что въ нашу эпоху второе теченіе гораздо болѣе сильно, чѣмъ первое, и ведетъ къ все болѣе и болѣе сложному представленію матеріи, все болѣе и болѣе богатой аттрибутами

Впрочемъ, аналогія между первичными качествами физики и элементарными тѣлами химіи обнаруживается еще и здѣсь. Возможно, что наступитъ когда-нибудь день, когда сильными средствами анализа всѣ многочисленныя тѣла, которыя мы въ настоящее время называемъ простыми, будутъ разложены на небольшое число элементовъ. Но у насъ нѣтъ ни одного признака, не то что вѣрнаго, но даже вѣроятнаго, по которому мы могли бы возвѣстить зарю этого будущаго дня. Въ нашу эпоху развитіе химіи сопровождается непрестаннымъ открытіемъ все новыхъ и новыхъ элементарныхъ тѣлъ. Вотъ уже полъ—столѣтія, какъ рѣдкія земли не перестаютъ обогащать и безъ того довольно длинный уже списокъ металловъ. Галій, германій, скандій служатъ доказательствомъ, съ какой гордостью химики вносятъ въ этотъ списокъ имя своей родной страны. Въ воздухѣ, которымъ мы дышемъ, въ этой смѣси азота и кислорода, которая казалась уже извѣстной со времени Лавуазье, открывается цѣлая группа новыхъ газовъ, какъ аргонъ, гелій, ксенонъ, криптонъ. Наконецъ, изученіе новыхъ лучей, которое несомнѣнно заставитъ физику расширить кругъ своихъ первичныхъ качествъ, даетъ химіи неизвѣстныя до тѣхъ поръ тѣла, какъ радій, а, можетъ быть, и полоній и актиній.

Мы очень далеки еще, безъ сомнѣнія, отъ тѣхъ удивительно простыхъ тѣлъ, о которыхъ мечталъ Декартъ, отъ этихъ тѣлъ, которыя можно свести «къ протяженію и однимъ измѣненіямъ его». Химія насчитываетъ собраніе въ сотню тѣлесныхъ матерій, другъ къ другу не сводимыхъ и каждой изъ этихъ матерій физика приписываетъ форму, способную имѣть множество различныхъ качествъ. Каждая изъ этихъ двухъ наукъ стремится по мѣрѣ возможности уменьшить число своихъ элементовъ, сводя одни изъ нихъ къ другимъ, и тѣмъ не менѣе она видитъ, какъ число ихъ по мѣрѣ развитія все болѣе и болѣе возрастаетъ.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ.

Математическая дедукція и физическая теорія.

---

§ I.—Приблизительный методъ въ физикѣ и математическая точность.

Приступая къ построенію физической теоріи, необходимо изъ свойствъ, даваемыхъ наблюденіемъ, выбрать тѣ, которыя придется разсматривать, какъ первичныя качества, и выразить ихъ въ алгебраическихъ или геометрическихъ символахъ.

Изученію этой операціи мы и посвятили предыдущія двѣ главы. Когда эта операція закончена, необходимо перейти ко второй: между алгебраическими или геометрическими символами, изображающими первичныя свойства, необходимо установить извѣстныя отношенія, которыя и послужатъ въ качествѣ принциповъ для выводовъ, на основѣ которыхъ будетъ развита теорія.

Такимъ образомъ теперь будетъ вполнѣ умѣстно подвергнуть анализу эту вторую операцію—формулировку гипотезъ.

Но прежде чѣмъ набросать планъ фундамента, на которомъ будетъ построено зданіе, прежде чѣмъ выбрать матеріалы, изъ которыхъ оно будетъ построено, безусловно необходимо знать, каково будетъ это зданіе, каково будетъ давленіе, которое оно будетъ оказывать на фундаментъ. Поэтому, только въ концѣ нашихъ изслѣдованій мы будемъ въ состояніи точно формулировать условія, съ которыми мы должны считаться при выборѣ гипотезъ.

Мы, поэтому, перейдемъ сейчасъ же къ изученію третьей операціи, необходимой для построенія всякой теоріи, къ математическому ея развитію.

Математическій выводъ есть операція промежуточнаго характера. Онъ имѣетъ цѣлью показать намъ, какъ изъ основныхъ гипотезъ теоріи при опредѣленныхъ условіяхъ вытекаютъ такія то

послѣдствія, показать намъ, что, когда бываютъ такіе то и такіе то факты, то наступаетъ такой то опредѣленный фактъ. Такъ, онъ показываетъ намъ, напримѣръ, на основѣ гипотезъ термодинамики, что при опредѣленномъ давленіи кусокъ льда таетъ, когда термометръ показываетъ такой-то опредѣленный градусъ.

Вводитъ ли математическій выводъ непосредственно въ свои вычисленія факты, которые мы называемъ условіями, въ той конкретной формѣ, въ которой мы ихъ наблюдаемъ? Выводитъ ли онъ фактъ, который мы называемъ слѣдствіемъ въ конкретной формѣ, въ которой мы его констатируемъ? Нѣтъ, безъ сомнѣнія. Какой-нибудь компрессоръ, кусокъ льда, термометръ—все это вещи, которыми оперируетъ физикъ въ своей лабораторіи, но это не тѣ элементы, къ которымъ могутъ найти примѣненіе алгебраическія вычисленія. Въ этихъ послѣднихъ мы находимъ только комбинаціи чиселъ. Поэтому, для того, чтобы математикъ могъ ввести въ свои формулы конкретныя условія эксперимента, условія эти должны быть превращены при посредствѣ различныхъ мѣръ въ числа, необходимо, напримѣръ, чтобы слова: такое то давленіе—были замѣнены извѣстнымъ числомъ атмосферъ, которое онъ и вводитъ въ свое уравненіе на мѣсто буквы P. Точно также въ концѣ своего вычисленія математикъ получаетъ извѣстное число. Для того, чтобы этому числу соотвѣтствовалъ конкретный и доступный наблюденію фактъ, чтобы опредѣленное показаніе термометра, напримѣръ, соотвѣтствовало извѣстному численному выраженію, которое онъ обозначилъ буквой T въ своемъ алгебраическомъ уравненіи, ему необходимо опять прибѣгнуть къ помощи извѣстныхъ методовъ измѣренія.

Такимъ образомъ и вначалѣ и въ концѣ математическое развитіе какой-нибудь теоріи можетъ быть связано съ доступными наблюденію фактами только при посредствѣ нѣкотораго промежуточнаго члена. Чтобы ввести въ вычисленія условія какого-нибудь эксперимента, необходимъ нѣкоторый промежуточный членъ, при помощи котораго языкъ конкретнаго наблюденія могъ бы быть переведенъ на языкъ чиселъ. Для того, чтобы результатъ, который предсказываетъ теорія для какого-нибудь опредѣленнаго эксперимента, могъ быть констатированъ на дѣлѣ, необходимо опредѣленную численную величину при помощи нѣкотораго промежуточнаго члена перевести въ показаніе, сформулированное на языкѣ эксперимента. Методы измѣренія—вотъ тотъ промежуточный членъ, при помощи котораго совершается этотъ переводъ съ языка экспери-

мента на языкъ чиселъ и обратно, о чемъ мы говорили уже выше.

Но кто переводитъ, тотъ искажаетъ: traduttore, traditore. Нѣтъ никогда полнаго и точнаго совпаденія между двумя текстами, изъ которыхъ одинъ есть переводъ съ другого. Между конкретными фактами, какъ ихъ наблюдаетъ физикъ, и численными символами, которыми эти факты представлены въ вычисленіяхъ теоретика, различіе весьма велико. Ниже мы будемъ имѣть случай подвергнуть это различіе анализу и охарактеризовать главные его признаки. Здѣсь же мы остановимъ наше вниманіе только на одномъ изъ этихъ признаковъ.

Разсмотримъ прежде всего то, что я хотѣлъ бы назвать теоретическимъ фактомъ, т. е. ту группу математическихъ данныхъ, которыми конкретный фактъ замѣняется въ разсужденіяхъ и вычисленіяхъ теоретика. Возьмемъ, напримѣръ, слѣдующій фактъ: температура такимъ-то и такимъ-то образомъ распредѣлена въ такомъ-то тѣлѣ.

Въ теоретическомъ фактѣ подобнаго рода нѣтъ ничего неопредѣленнаго, ничего неустановленнаго. Все здѣсь установлено самымъ точнымъ образомъ. Тѣло, подлежащее изученію, опредѣлено геометрически. Его грани суть истинныя линіи безъ толщины, его точки—истинныя точки, лишенныя всѣхъ измѣреній. Различныя длины и различные углы, опредѣляющіе его форму, точно установлены. Каждой точкѣ этого тѣла соотвѣтствуетъ опредѣленная температура и эта температура есть для каждой точки число, точно отличимое отъ всякаго другого числа.

Съ этимъ теоретическимъ фактомъ сопоставимъ фактъ практическій, переводомъ съ котораго онъ является. Здѣсь о точности, которую мы констатировали тамъ, и помину нѣтъ. Это уже не геометрическое тѣло, а конкретный кусокъ. Какъ ни остры его грани, каждая изъ нихъ не есть уже геометрическое сѣченіе двухъ поверхностей, а край тѣла, болѣе или менѣе закругленный, болѣе или менѣе зубчатый. Крайнія точки его болѣе или менѣе широки и притуплены. Термометръ показываетъ намъ уже не температуру въ каждой данной точкѣ, а нѣчто вродѣ средней температуры въ опредѣленномъ объемѣ, дѣйствительные размѣры котораго не могутъ быть даже установлены очень точно. Кромѣ того, мы вовсе не можемъ утверждать, что эта температура должна быть выражена именно такимъ то опредѣленнымъ числомъ и никакимъ другимъ. Такъ, мы не можемъ заявить, что температура эта есть

какъ разъ 10°, а мы можемъ только утверждать, что разность между этой температурой и температурой въ 10° не превышаетъ извѣстной доли градуса, зависящей отъ точности нашихъ термометрическихъ методовъ.

Такимъ образомъ, контуры изображенія проведены всегда точно и опредѣленно, а контуры самого объекта расплывчаты, смутны и неопредѣленны. Невозможно описать практическій фактъ, не ослабляя слишкомъ большую округленность всякаго положенія прибавленіемъ слова «приблизительно». Напротивъ того, всѣ элементы, образующіе теоретическій фактъ, находятъ свое опредѣленіе съ самой строгой точностью.

Отсюда вытекаетъ слѣдующее: безчисленное множество теоретическихъ фактовъ, между собою различныхъ, можетъ служить выраженіемъ одного и того же факта практическаго.

Когда мы выражаемъ, напримѣръ, теоретическій фактъ, говоря, что такая-то линія имѣетъ длину 1 см. или 0,999 см. или 0,993 см. или 1,002 см. или 1,003 см., то мы высказываемъ положенія, которыя для математика по существу своему различны. Но мы ничего не измѣняемъ въ фактѣ практическомъ, выраженіемъ котораго является теоретическій фактъ, если наши средства измѣренія даютъ намъ возможность измѣрять длины, не меньше одной десятой миллиметра. Когда мы говоримъ, что температура какого-нибудь тѣла есть 10° или 9,99° или 10,01°, то мы формулируемъ три теоретическихъ факта, между собою несовмѣстимыхъ. Но эти три несовмѣстимыхъ между собой теоретическихъ факта соотвѣтствуютъ все одному и тому же факту практическому, если точность нашего термометра не достигаетъ и одной пятидесятой доли градуса.

Итакъ, практическому факту соотвѣтствуетъ не одинъ только теоретическій фактъ, а какъ бы цѣлый пучекъ такихъ фактовъ, между собой различныхъ. Каждый изъ этихъ математическихъ элементовъ, совокупность которыхъ образуетъ одинъ изъ этихъ фактовъ, можетъ быть для каждаго факта различнымъ, но измѣненія, которыя можетъ испытать каждый изъ этихъ элементовъ, не могутъ выходить за извѣстный предѣлъ. Предѣлъ этотъ есть предѣлъ ошибки, которой можетъ сопровождаться измѣреніе этого элемента. Чѣмъ совершеннѣе методы измѣренія, чѣмъ большее приближеніе они допускаютъ, тѣмъ тѣснѣе этотъ предѣлъ. Но онъ никогда не можетъ исчезнуть совсѣмъ.

§ II.—Математическіе выводы, примѣнимые и непримѣнимые въ физикѣ.

Приведенныя замѣчанія довольно просты. Они столь знакомы физику, что они почти банальны. При всемъ томъ они имѣютъ въ высшей степени важное значеніе для математическаго развитія физической теоріи.

Когда численныя данныя какого-нибудь вычисленія точно установлены, то, какъ бы это послѣднее ни было сложно, мы всегда можемъ получить точную численную величину результата. Съ измѣненіемъ величины тѣхъ или другихъ данныхъ измѣняется въ общемъ и результатъ. Слѣдовательно, если мы точно выразили условія какого-нибудь эксперимента въ теоретическомъ фактѣ, то математическій выводъ выразитъ результатъ, который долженъ дать этотъ экспериментъ, черезъ другой теоретическій фактъ. Съ измѣненіемъ теоретическаго факта, выражающаго условія эксперимента, измѣняется и теоретическій фактъ, выражающій результатъ. Если въ формулѣ, напримѣръ, выведенной изъ термодинамическихъ гипотезъ и устанавливающей связь между точкой таянія льда и давленіемъ, замѣнимъ букву P, изображающую давленіе, какимъ-нибудь извѣстнымъ числомъ, то мы сможемъ также узнать число, которое мы должны подставить вмѣсто буквы T, символа температуры таянія льда. Если мы измѣнимъ численную величину давленія, то мы измѣнимъ также численную величину точки таянія льда.

Итакъ, какъ мы видѣли въ § I, если условія какого-нибудь эксперимента даны конкретнымъ образомъ, ихъ невозможно выразить черезъ теоретическій фактъ, вполнѣ опредѣленный, а имъ соотвѣтствуетъ цѣлый пучекъ безчисленнаго множества теоретическихъ фактовъ. Поэтому, вычисленія теоретика предсказываютъ результатъ эксперимента не въ видѣ одного единственнаго теоретическаго факта, а въ формѣ безконечнаго множества различныхъ теоретическихъ фактовъ.

Чтобы выразить, напримѣръ, условія нашего опыта съ таяніемъ льда черезъ теоретическій фактъ, мы не можемъ подставить подъ символъ давленія P одну только численную величину, десять атмосферъ, напримѣръ. Если предѣлъ ошибки нашего манометра измѣряется одной десятой атмосферы, то мы должны допустить, что символу P соотвѣтствуютъ всѣ величины отъ 9,95 до 10,05 ат-

мосферъ. Каждой изъ этихъ величинъ давленія будетъ соотвѣтствовать, согласно нашей формулѣ, другая величина точки таянія льда.

Такимъ образомъ, условія какого-нибудь эксперимента, данныя въ конкретной формѣ, могутъ быть выражены черезъ цѣлый пучекъ теоретическихъ фактовъ. Между этимъ первымъ пучкомъ теоретическихъ фактовъ математическій выводъ теоріи устанавливаетъ соотвѣтствіе со вторымъ пучкомъ такихъ фактовъ, въ которыхъ долженъ быть выраженъ результатъ эксперимента.

Этими послѣдними теоретическими фактами мы не можемъ пользоваться въ той формѣ, въ которой мы ихъ получаемъ. Мы должны ихъ перевести на языкъ практическихъ фактовъ, ибо только тогда мы дѣйствительно будемъ знать результатъ нашего эксперимента, данный теоріей. Такъ, напримѣръ, мы не можемъ остановиться въ нашемъ изслѣдованіи, когда мы вывели изъ нашей термодинамической формулы всѣ различныя численныя величины буквы T. Мы должны разсмотрѣть еще, какимъ показаніямъ, доступнымъ наблюденію въ дѣйствительности—показаніямъ, которыя могутъ быть отсчитаны на градуированной шкалѣ нашего термометра, соотвѣтствуютъ тѣ данныя.

Что-же, собственно говоря, мы получимъ, когда мы совершимъ этотъ новый переводъ, обратный тому, который мы разсмотрѣли выше, переводъ фактовъ теоретическихъ на языкъ практическихъ фактовъ?

Случается и такъ, что пучекъ безчисленнаго множества теоретическихъ фактовъ, которымъ математическій выводъ выражаетъ результатъ нашего эксперимента, послѣ перевода его на языкъ фактовъ практическихъ даетъ не много различныхъ такихъ фактовъ, а одинъ только. Случается, напримѣръ, и такъ, что двѣ численныя величины, найденныя для буквы T, различаются между собой не болѣе, чѣмъ на одну сотую долю градуса и что сотая доля градуса есть вмѣстѣ съ тѣмъ и предѣлъ чувствительности нашего термометра. Въ этомъ случаѣ всѣ различныя теоретическія значенія T практически соотвѣтствуютъ одной и той же величинѣ, отсчитанной на шкалѣ термометра.

Въ случаѣ подобнаго рода математическій выводъ достигъ своей цѣли. На основаніи гипотезъ, лежащихъ въ основѣ нашихъ теорій, мы можемъ тогда утверждать, что этотъ экспериментъ, выполненный при такихъ-то практически данныхъ условіяхъ, долженъ дать такой-то конкретный и доступный наблюденію ре-

зультатъ. Здѣсь математическій выводъ даетъ намъ возможность сравненія между выводами изъ теоріи и фактами.

Но не всегда оно такъ бываетъ. Математическій выводъ даетъ намъ безконечное множество теоретическихъ фактовъ, какъ возможныя послѣдствія нашего эксперимента. При переводѣ этихъ теоретическихъ фактовъ на языкъ фактовъ конкретныхъ случается, что мы получаемъ не одинъ только, а нѣсколько практическихъ фактовъ, въ виду данной чувствительности нашихъ инструментовъ между собой различныхъ. Случается, напримѣръ, что различныя численныя значенія, данныя нашей термодинамической формулой для точки таянія льда, обнаруживаютъ между собой различіе, достигающее одной десятой доли или даже одного цѣлаго градуса, между тѣмъ какъ предѣлъ чувствительности нашего термометра равенъ одной сотой доли градуса. Въ этомъ случаѣ математическій выводъ становится безполезнымъ: условія практически даннаго эксперимента не даютъ намъ болѣе возможности практически опредѣленнымъ образомъ указать доступный наблюденію результатъ.

Отсюда ясно, что математическій выводъ, сдѣланный изъ гипотезъ, лежащихъ въ основѣ теорій, можетъ быть полезнымъ или безплоднымъ, смотря по тому, можно ли на основѣ *практически данныхъ* условій эксперимента высказать *практически опредѣленное* сужденіе о результатѣ или нѣтъ.

Эта оцѣнка полезности математическаго вывода не всегда бываетъ абсолютной. Она зависитъ отъ степени чувствительности нашихъ аппаратовъ, служащихъ для наблюденія результата опыта. Допустимъ, напримѣръ, что практически данному давленію соотвѣтствуетъ, согласно нашей термодинамической формулѣ, цѣлая совокупность точекъ таянія льда. Существующее между двумя изъ этихъ точекъ различіе иногда превышаетъ одну сотую долю градуса, но никогда не достигаетъ одной десятой. Математическій выводъ, давшій эту формулу, окажется тогда полезнымъ для физика, на термометрѣ котораго могутъ быть отсчитаны только десятыя доли градуса, но безполезнымъ для физика, на инструментѣ котораго можетъ быть съ точностью отсчитана и одна сотая доля. Отсюда ясно, въ какой мѣрѣ сужденіе о полезности того или другого математическаго вывода должно измѣняться отъ эпохи къ эпохѣ, отъ одной лабораторіи къ другой, отъ одного физика къ другому, въ зависимости отъ ловкости конструкторовъ, отъ совер-

шенства инструментовъ и отъ примѣненія, которое мы хотимъ дать результатамъ нашихъ опытовъ.

Оцѣнка эта можетъ еще зависѣть также отъ чувствительности методовъ измѣренія, служащихъ для того, чтобы выразить практически данныя условія эксперимента въ числахъ.

Возьмемъ, напримѣръ, формулу термодинамики, которую мы неоднократно приводили уже въ примѣръ. Мы обладаемъ термометромъ, на которомъ можно съ точностью отмѣтить различіе температуры въ одну сотую градуса. Для того, чтобы наша формула давала намъ точку таянія льда при опредѣленномъ давленіи съ точностью, практически достаточной, необходимо и достаточно, чтобы она давала намъ численное значеніе буквы T съ точностью до одной сотой градуса.

Когда же мы пользуемся грубымъ манометромъ, могущимъ отмѣтить два давленія, различіе между которыми достигаетъ не менѣе десяти атмосферъ, можетъ случиться, чтобы давленіе, практически данное, соотвѣтствовало въ нашей формулѣ точкамъ таянія льда, различающимся между собою болѣе, чѣмъ на одну сотую долю градуса. Но если бы мы опредѣляли давленіе болѣе чувствительнымъ манометромъ, съ точностью отмѣчающимъ два давленія, различающіяся между собою не болѣе, чѣмъ на одну атмосферу, то изъ формулы нашей мы получили бы соотвѣтствующую данному давленію точку таянія льда, которую мы могли бы опредѣлить съ большимъ приближеніемъ, чѣмъ до одной сотой доли градуса. Наша формула была бы безполезна для физика, который пользовался бы первымъ манометромъ, и полезна для физика, который пользовался бы вторымъ манометромъ.

§ III.—Примѣръ математическаго вывода, никогда не примѣнимаго.

Въ томъ случаѣ, который мы привели въ качествѣ примѣра, мы усилили точность методовъ измѣренія, служившихъ для перевода практически данныхъ условій эксперимента на языкъ теоретическихъ фактовъ. Этимъ мы все болѣе и болѣе уменьшали пучекъ теоретическихъ фактовъ, соотвѣтствовавшихъ, согласно этому переводу, одному факту практическому. Тѣмъ самымъ уменьшался, вмѣстѣ съ тѣмъ, и пучекъ теоретическихъ фактовъ, въ которыхъ нашъ математическій выводъ выражалъ результатъ эксперимента. Онъ сталъ такъ малъ, что наши методы измѣренія

могли установить для него одинъ только соотвѣтствующій ему практическій фактъ, и въ этотъ моментъ нашъ математическій выводъ сталъ примѣнимымъ и полезнымъ.

Похоже на то, что это всегда такъ должно быть. Если принимаютъ, какъ данный, одинъ только теоретическій фактъ, то математическій выводъ устанавливаетъ также одинъ только соотвѣтствующій ему теоретическій фактъ. Отсюда естественно вытекаетъ слѣдующее: пучекъ теоретическихъ фактовъ, который желательно получить въ качествѣ результата, можетъ быть сдѣланъ при помощи математическаго вывода на сколько угодно тонкимъ, если пучекъ теоретическихъ фактовъ, выражающій то, что дано, сдѣлать достаточно тонкимъ.

Будь это мнѣніе правильно, математическій выводъ, сдѣланный изъ гипотезъ, на которыхъ покоится физическая теорія, могъ бы всегда быть непримѣнимымъ только относительно и временно. Какъ бы ни были совершенны методы для измѣренія результатовъ какого-нибудь опыта, можно ихъ сдѣлать такими, чтобы изъ практически опредѣленныхъ условій нашъ математическій выводъ получалъ одинъ только практическій результатъ, сдѣлавъ для этого достаточно точными вспомогательные пріемы, служащіе для выраженія условія этого эксперимента въ числахъ. Выводъ, сегодня безполезный, станетъ полезнымъ въ тотъ день, когда будетъ значительно усилена чувствительность инструментовъ, служащихъ для опредѣленія условія опыта.

Современный математикъ очень остерегается такой мнимой очевидности, которая слишкомъ часто лишь вводитъ въ заблужденіе. То, на что мы хотимъ сослаться, можно разсматривать лишь какъ идеальный случай. Можно же привести случаи, въ которыхъ эта будто бы очевидность оказывается въ явномъ противорѣчіи съ истиной. Такого рода дедукція устанавливаетъ для одного только теоретическаго факта, взятаго какъ нѣчто данное, одинъ только соотвѣтствующій ему теоретическій фактъ въ качествѣ результата. Если то, что дано, есть пучекъ теоретическихъ фактовъ, то результатъ есть другой пучекъ теоретическихъ фактовъ. Но если первый пучекъ можно сжимать до безконечности, дѣлать его возможно болѣе тонкимъ, то второй пучекъ нельзя сжимать сколько угодно. Если первый пучекъ безконечно тонокъ, то нити, образующія второй пучекъ все же расходятся и отдѣляются другъ отъ друга и взаимное разстояніе между ними можетъ быть уменьшено только до извѣстнаго предѣла. Такой математическій выводъ без-

полезенъ для физики и всегда такимъ останется. Какъ бы ни были точны инструменты, при помощи которыхъ условія опыта переводятся на языкъ чиселъ, всегда этотъ выводъ дастъ для практически опредѣленныхъ условій эксперимента безчисленное множество практически различныхъ соотвѣтствующихъ имъ результатовъ. Здѣсь предсказаніе того, что должно случиться при данныхъ условіяхъ—дѣло невозможное.

Очень хорошій примѣръ такого вывода, всегда безполезнаго, представляютъ изысканія Гадамара. Мы заимствуемъ его изъ наиболѣе простыхъ проблемъ, составляющихъ предметъ изслѣдованія наименѣе сложной изъ физическихъ теорій, именно механики.

Матеріальная масса скользитъ вдоль нѣкоторой поверхности. На нее не дѣйствуетъ никакая тяжесть, никакая сила; нѣтъ также никакого тренія, которое измѣняло бы ея движеніе. Если поверхность, на которой она должна оставаться, есть плоскость, то она описываетъ съ равномѣрной скоростью прямую линію. Если эта поверхность есть шаръ, то она описываетъ—тоже съ равномѣрной скоростью—нѣкоторую дугу большого круга. Если наша матеріальная точка движется по какой-нибудь произвольной поверхности, то она описываетъ линію, которую наши математики называютъ геодезической линіей данной поверхности. Разъ дано первоначальное положеніе нашей матеріальной точки и направленіе первоначальной скорости ея, геодезическая линія, которая должна быть описана, вполнѣ опредѣлена.

Изслѣдованія Гадамара [1]) касались спеціально геодезическихъ линій многократно пересѣкающихся плоскостей противоположной кривизны, представляющихъ безконечныя поверхности. Мы не будемъ здѣсь останавливаться на геометрическомъ опредѣленіи такихъ поверхностей, а ограничимся однимъ только примѣромъ.

Представимъ себѣ лобъ быка съ возвышеніями, отъ которыхъ отходятъ рога и уши, какъ и углубленіе между этими возвышеніями. Представимъ себѣ эти рога и уши удлиненными до безконечности и мы будемъ имѣть одну изъ интересующихъ насъ здѣсь поверхностей.

На такой поверхности геодезическія линіи могутъ имѣть довольно различный видъ.

---

[1]) J. Hadamard: Les surfaces á courbures opposées et leurs lignes géodesiques. (Journal de Mathematiques pures et appliquees, 5e serie, t. IV, стр. 27; 1898).

Прежде всего мы здѣсь имѣемъ линіи, замкнутыя въ себѣ. Есть и такія, которыя, не возвращаясь точно къ исходной своей точкѣ, никогда все же отъ нея не удаляются до безконечности. Однѣ изъ нихъ обвиваются безпрерывно вокругъ праваго рога, другія—вокругъ лѣваго или также вокругъ праваго или лѣваго уха. Еще другія, гораздо болѣе сложныя, описываютъ извилины, которыя они образовываютъ вокругъ одного изъ роговъ, съ опредѣленной правильностью смѣняясь другими, описывающими такія же извилины вокругъ другого рога или одного изъ ушей. Наконецъ, есть еще и такія линіи, которыя уходятъ въ безконечность вдоль праваго рога, другія вдоль лѣваго рога, третьи вдоль праваго и четвертыя вдоль лѣваго уха.

Несмотря на всю эту сложность, геодезическая линія, описываемая матеріальной точкой въ своемъ движеніи, дана намъ съ полной опредѣленностью, разъ только извѣстно начальное положеніе этой точки на лбу у быка и направленіе начальной скорости. Въ частности съ полной точностью извѣстно должна ли эта движущаяся точка оставаться всегда на конечномъ разстояніи или она должна удалиться въ безконечность.

Другое дѣло, когда начальныя условія даны не математически, а практически. Пусть начальное положеніе нашей матеріальной точки есть не опредѣленная точка на поверхности, а какая-то точка внутри небольшого пятна. Пусть направленіе начальной скорости не есть вполнѣ опредѣленная прямая линія, а одна какая-то изъ прямыхъ линій, образующихъ пучекъ, сѣченіе котораго есть небольшое пятно. Нашимъ начальнымъ условіямъ, практически опредѣленнымъ, будетъ тогда соотвѣтствовать съ точки зрѣнія математика безграничное множество различныхъ начальныхъ условій.

Представимъ себѣ, что нѣкоторыя изъ этихъ геометрическихъ данныхъ соотвѣтствуютъ нѣкоторой геодезической линіи, которая не удаляется въ безконечность, которая обвивается, напримѣръ, безпрерывно вокругъ праваго рога. Геометрія позволяетъ намъ въ такомъ случаѣ утверждать слѣдующее: среди безчисленнаго множества математическихъ данныхъ, соотвѣтствующихъ однимъ и тѣмъ же практическимъ даннымъ, есть такія, которыя опредѣляютъ геодезическую линію, удаляющуюся отъ начальной своей точки въ безконечность; сдѣлавъ извѣстное число оборотовъ вокругъ праваго рога, эта геодезическая линія удалится въ безконечность, надъ правымъ ли рогомъ или надъ лѣвымъ, надъ правымъ или надъ лѣвымъ ухомъ. Болѣе того: несмотря на тѣсныя границы, въ ко-

торыхъ сжаты геометрическія данныя, соотвѣтствующія нашимъ практическимъ даннымъ, можно эти геометрическія данныя всегда выбрать такимъ образомъ, чтобы геодезическая линія удалялась въ безконечность надъ той изъ безконечныхъ поверхностей, которая была выбрана заранѣе.

Можно произвольно увеличить точность, съ которой опредѣлены практическія данныя, можно уменьшить пятно, въ которомъ находится первоначальное положеніе матеріальной точки, можно сжать пучекъ, въ которомъ находится направленіе начальной скорости все же никогда не удастся геодезическую линію, остающуюся на конечномъ разстояніи, безпрерывно вращаясь вокругъ праваго рога выдѣлить изъ пучка невѣрныхъ подругъ ея, которыя, сдѣлавъ тоже нѣсколько оборотовъ вокругъ того же рога, удаляются въ безконечность. Эта большая точность въ установленіи первоначальныхъ данныхъ можетъ дать одинъ только результатъ: она можетъ заставить эти геодезическія линіи сдѣлать большее число оборотовъ вокругъ праваго рога, прежде чѣмъ удалиться въ безконечность. Но совершенно устранить эту безконечную вѣтвь не удается никогда

Поэтому, если матеріальная точка движется вдоль изучаемой поверхности изъ геометрически даннаго положенія и со скоростью геометрически данной, то математическій выводъ можетъ опредѣлить траэкторію этой точки и установить, есть ли эта траэкторія безконечная линія или нѣтъ. Но для физика этотъ выводъ всегда безполезенъ. Когда же начальныя данныя не опредѣлены математически, а при помощи физическихъ методовъ, какъ бы они ни были точны, поставленный вопросъ остается безъ отвѣта и всегда таковымъ останется.

§ IV.—Приблизительный методъ въ математикѣ.

Примѣръ, который мы подвергли анализу, данъ намъ, какъ мы говорили, одной изъ наиболѣе простыхъ проблемъ, составляющихъ предметъ изученія механики, т. е. наименѣе сложной изъ физическихъ теорій. Эта крайняя простота дала возможность Гадамару проникнуть въ изученіе проблемы достаточно глубоко, чтобы показать съ достаточной ясностью абсолютную, никогда непоправимую безполезность для физики извѣстныхъ математическихъ выводовъ. Но не встрѣтилось ли бы это обманчивое заключеніе во многихъ другихъ проблемахъ, болѣе сложныхъ, если бы удалось рѣшеніе ихъ подвергнуть достаточному анализу? Отвѣтъ на этотъ вопросъ почти

не подлежитъ сомнѣнію. Прогрессъ математическихъ наукъ намъ доказываетъ, безъ всякаго сомнѣнія, что есть множество проблемъ, вполнѣ опредѣленныхъ для математика, но теряющихъ всякій смыслъ для физика.

Возьмемъ одну изъ такихъ проблемъ [1]), весьма извѣстную и родственную той, которую изслѣдовалъ Гадамаръ.

При изученіи движеній звѣздъ, образующихъ солнечную систему, математики замѣняютъ солнце, большія и маленькія планеты и спутниковъ матеріальными точками. Они принимаютъ, что каждая пара этихъ точекъ притягивается съ силой, пропорціональной произведенію ихъ массъ и обратно пропорціональной квадрату разстоянія между ними. Изученіе движеній такой системы есть проблема гораздо болѣе сложная, чѣмъ та, которой мы занимались на предыдущихъ страницахъ. Проблема эта извѣстна въ наукѣ подъ именемъ проблемы *n* тѣлъ. Даже когда число взаимно дѣйствующихъ другъ на друга тѣлъ доведено до трехъ, проблема трехъ тѣлъ остается еще для математиковъ страшной загадкой.

Тѣмъ не менѣе если въ какой-нибудь данный моментъ извѣстны съ математической точностью положеніе и скорость каждой изъ звѣздъ, образующихъ систему, то можно утверждать, что съ этого момента каждая звѣзда будетъ описывать вполнѣ опредѣленную траэкторію. Затрудненія, мѣшающія дѣйствительному опредѣленію этой траэкторіи, тѣмъ самымъ далеко еще не устранены. Во всякомъ случаѣ можно допустить, что настанетъ когда-нибудь день, когда затрудненія эти будутъ устранены.

На этомъ основаніи математикъ можетъ задаться слѣдующимъ вопросомъ: если положенія и скорости звѣздъ, составляющихъ солнечную систему, останутся такими же, каковы они теперь, то будутъ ли эти звѣзды и впредь продолжать свое вращательное движеніе вокругъ солнца? Не произойдетъ ли, напротивъ, такая вещь, что одна изъ этихъ звѣздъ отдѣлится отъ своихъ подругъ, чтобы удалиться въ безконечность? Этотъ вопросъ образуетъ проблему устойчивости солнечной системы. Лапласъ полагалъ, что онъ рѣшилъ эту проблему, но только стараніями современныхъ математиковъ и въ особенности Пуанкарэ обнаружена была вся чрезвычайная трудность ея рѣшенія.

Для математика проблема устойчивости солнечной системы имѣетъ, безъ сомнѣнія, опредѣленный смыслъ, потому что и началь-

---

[1]) J. Hadamard, loc. cit. стр. 71.

ныя положенія звѣздъ и начальныя ихъ скорости суть для него элементы, данные съ математической точностью. Для астронома же элементы эти опредѣляются только методами физическими. Методы эти влекутъ за собою ошибки, которыя съ улучшеніемъ инструментовъ и методовъ наблюденія мало по малу будутъ уменьшаться, но никогда не будутъ сведены къ нулю. Можетъ, поэтому, случиться, чтобы для астронома проблема устойчивости солнечной системы потеряла всякій смыслъ. Практическія указанія, которыя онъ даетъ математику, представляютъ для этого послѣдняго безчисленное множество теоретическихъ данныхъ, граничащихъ, правда, другъ съ другомъ, но тѣмъ не менѣе различныхъ. Возможно, что среди этихъ указаній окажутся такія, по которымъ всѣ звѣзды вѣчно должны оставаться на конечномъ разстояніи, но, можетъ быть, окажутся и такія, по которымъ нѣкоторыя изъ этихъ небесныхъ тѣлъ должны удалиться въ безконечность. Если бы здѣсь обнаружилось обстоятельство, аналогичное тому, съ которымъ мы познакомились въ проблемѣ Гадамара, то для физика всякій математическій выводъ *относительно устойчивости солнечной* системы оказался бы выводомъ никогда непримѣнимымъ.

Просматривая многочисленные и трудные выводы механики неба и математической физики, трудно удержаться отъ мысли, что многимъ изъ этихъ выводовъ суждено, можетъ быть, остаться навсегда безплодными.

Дѣйствительно, математическій выводъ теряетъ для физика всякое значеніе, покуда онъ ограничивается утвержденіемъ, что если это положеніе строго правильно, то отсюда вытекаетъ строгая правильность всякаго другого положенія. Для того, чтобы этотъ выводъ оказался полезнымъ и для физика, онъ долженъ также доказать, что второе положеніе остается приблизительно правильнымъ, если лишь приблизительно вѣрно первое. Но и этого еще не достаточно. Онъ долженъ ограничить объемъ этихъ двухъ приближеній. Онъ долженъ установить предѣлы ошибокъ результата, опредѣляющіеся знаніемъ степени точности методовъ, послужившихъ для измѣренія его данныхъ. Необходимо опредѣлить степень ненадежности, которую можно разрѣшить этимъ даннымъ, разъ хотятъ знать результатъ съ опредѣленнымъ приближеніемъ.

Таковы тѣ строгія условія, въ которыя нужно поставить математическій выводъ, если хотятъ перевести на этотъ языкъ съ абсолютной точностью безъ всякихъ ошибокъ языкъ физика. Ибо выраженія этого послѣдняго языка неопредѣленны и неточны,

какъ воспріятія, которыя должны быть на немъ выражены, и таковыми навсегда останутся. При этихъ условіяхъ и только при нихъ можно получить математическое выраженіе нѣкотораго приблизительнаго выраженія.

Но не слѣдуетъ на этотъ счетъ обманываться. Эта приблизительная математика не есть математика болѣе простая и болѣе грубая, а, напротивъ того, болѣе полная, болѣе развитая форма ея. Она требуетъ рѣшенія порой весьма трудныхъ проблемъ, выходящихъ порой даже за предѣлы методовъ современной алгебры.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ.

Физическій опытъ [1])

---

§I.—Физическій экспериментъ не есть только наблюденіе какого-нибудь явленія, а онъ есть еще теоретическое истолкованіе его.

Цѣль всякой физической теоріи—описаніе экспериментально данныхъ законовъ. Слова «истина», «достовѣрность» имѣютъ въ отношеніи такой теоріи одно только значеніе: они выражаютъ согласіе выводовъ изъ теоріи съ закономѣрностями, установленными наблюдателями. Мы не можемъ, поэтому, двинуться далѣе въ критикѣ физической теоріи, прежде чѣмъ мы не подвергнемъ точному анализу природу установленныхъ экспериментаторами законовъ, прежде чѣмъ мы не отмѣтимъ съ точностью степень ихъ достовѣрности. Кромѣ того, физическій законъ есть только обобщеніе безчисленнаго множества экспериментовъ, произведенныхъ или могущихъ быть произведенными. Мы приходимъ, поэтому, естественно къ слѣдующему вопросу: что собственно такое физическій экспериментъ?

Нѣтъ сомнѣнія, что найдется не мало читателей, которыхъ

---

1) Настоящая глава, какъ и двѣ слѣдующія, посвящены анализу экспериментальныхъ методовъ, которыми и пользуется физикъ. По этому поводу мы просимъ у читателя разрѣшенія установить нѣкоторыя данныя. Мы первые формулировали, какъ кажется, этотъ анализъ въ статьѣ подъ заглавіемъ Quelques réflexions au sujet de la Physique expérimentale (Revue des Questions scientifiques, deuxième série, III, 1894). G. Milhaud излагалъ нѣкоторыя изъ этихъ идей въ своихъ лекціяхъ отъ 1895-96 г. Вслѣдъ затѣмъ онъ обнародовалъ, сославшись, правда, на насъ, резюме своихъ лекцій подъ заглавіемъ: La Science rationnelle (Revue de Metaphysique et de Morale, 1896 стр. 290.—Le Rationnel, Paris. 1898). Тотъ же анализъ экспериментальнаго метода мы находимъ у Эдуарда Ле-Руа во второй главѣ его сочиненія

самый вопросъ этотъ приведетъ въ изумленіе. Стоитъ ли его ставить и развѣ не очевиденъ отвѣтъ на него? Вызвать физическое явленіе при условіяхъ, доступныхъ точному и тщательному наблюденію при помощи соотвѣтственныхъ инструментовъ—не эту ли операцію имѣетъ въ виду весь міръ, когда онъ говоритъ объ «осуществленіи физическаго эксперимента»?

Войдите въ эту лабораторію. Подойдите къ этому столу, на которомъ установлено множество аппаратовъ. Здѣсь и гальваническая батарея, и мѣдныя проволоки, обвитыя шелкомъ, и стклянки, наполненныя ртутью, и катушки и желѣзная палочка съ зеркальцемъ. Наблюдатель вставляетъ въ маленькія отверстія металлическое остріе штепселя, головка котораго сдѣлана изъ эбонита. Желѣзная палочка приходитъ въ колебательное движеніе и отъ зеркальца, съ ней соединеннаго, отбрасывается на масштабъ изъ целлюлойда свѣтящаяся полоска, движеніе которой наблюдаетъ экспериментаторъ. Нѣтъ сомнѣнія: предъ нами произведенъ экспериментъ При посредствѣ колебательныхъ движеній этого свѣтящагося пятна физикъ точно наблюдаетъ колебанія желѣзной палочки. Спросите его, что онъ дѣлаетъ. Полагаете ли вы, что онъ скажетъ: «я изучаю колебательное движеніе желѣзной палочки, соединенной съ зеркальцемъ»? Нѣтъ, этого отвѣта вы отъ него не получите. Онъ отвѣтитъ вамъ, что онъ измѣряетъ электрическое сопротивленіе катушки. Вы придете въ изумленіе и спросите его, что значатъ его слова и какое отношеніе существуетъ между ними и явленіями, которыя онъ сейчасъ констатировалъ вмѣстѣ съ нами. Онъ отвѣтитъ вамъ, что для того, чтобы отвѣтить на вашъ вопросъ, необходимы слишкомъ длинныя объясненія. Пожалуй, посовѣтуетъ вамъ пройти курсъ электричества.

Дѣйствительно, предъ вами былъ произведенъ физическій экспериментъ. Подобно всякому эксперименту въ физикѣ, онъ рас-

---

Science et Philosophie (Revue de Metaphysique et de Morale, 7-e annee, 1899, стр. 503) и въ другомъ его сочиненіи подъ заглавіемъ La Science positive et les philosophies de la libertè (Congres international de Philosophie tenu a Paris en 1909. Bibliotheque du Congres. 1 Philosophie generale et Metaphysique, стр. 313). Анологическую же доктрину мы находимъ у Вильбуа въ его статьѣ: La methode des Sciences physiques (Revue de Methaphysique et de Morale. 7-e annee 1899, стр. 579). Изъ этого анализа употребляемыхъ въ физикѣ экспериментальныхъ методовъ нѣкоторые изъ цитированныхъ нами авторовъ дѣлаютъ подчасъ выводы, выходящіе за предѣлы физики Что касается насъ. то мы за ними не послѣдуемъ, а будемъ оставаться въ предѣлахъ физической науки.

падается на двѣ части. Первую часть составляетъ наблюденіе извѣстныхъ фактовъ. Чтобы дѣлать это наблюденіе, достаточно быть внимательнымъ и имѣть чувства, способныя воспринимать. Знаніе физики для этого совсѣмъ не нужно; директоръ лабораторіи можетъ здѣсь уступать слугѣ, который ему прислуживаетъ. Вторую часть составляетъ толкованіе наблюденныхъ фактовъ. Для этой части опытнаго глаза и напряженнаго вниманія не достаточно. Здѣсь необходимо знать общепринятыя теоріи, необходимо умѣть ихъ примѣнять, необходимо быть физикомъ. Всякій, имѣющій здоровые глаза, можетъ наблюдать движеніе свѣтлаго пятна на прозрачномъ масштабѣ, видѣть, движется ли оно направо или налѣво, останавливается ли оно въ томъ или въ другомъ мѣстѣ; для этого вовсе не нужно быть великимъ ученымъ. Но если онъ не знаетъ электродинамики, закончить экспериментъ ему не удастся: онъ не опредѣлитъ сопротивленія катушки.

Возьмемъ другой примѣръ. Ренье изучаетъ сжимаемость газовъ. Онъ беретъ извѣстное количество газа, замкнутое въ стеклянной трубкѣ, и, поддерживая постоянную температуру, измѣряетъ давленіе, которому подвергается газъ, и объемъ, который онъ занимаетъ. Вотъ, скажутъ, строго точное наблюденіе извѣстныхъ явленій, извѣстныхъ фактовъ. Конечно, подъ руками и на глазахъ Ренье, подъ руками и на глазахъ его помощниковъ произошли конкретные факты—въ этомъ нѣтъ сомнѣнія. Но заключается ли то, что внесъ Ренье въ дѣло развитія физики, въ описаніи этихъ фактовъ? Нѣтъ. Ренье видѣлъ въ визирномъ приборѣ, какъ изображеніе извѣстной поверхности ртути соприкасается съ извѣстной чертой. Но развѣ это онъ записалъ въ отчетъ о своихъ изслѣдованіяхъ? Нѣтъ, онъ записалъ, что газъ занимаетъ такой-то объемъ. Одинъ изъ его помощниковъ приподнималъ и опускалъ трубку катетометра до тѣхъ поръ, покуда изображеніе другого уровня ртути не коснулось опредѣленной нити волостного перекрестка. Затѣмъ онъ наблюдалъ положеніе извѣстныхъ линій на масштабѣ и наноніусѣ катетометра. Но развѣ это мы находимъ въ запискахъ Ренье? Нѣтъ, мы здѣсь читаемъ, каково давленіе, произведенное на газъ. Другой помощникъ наблюдалъ на термометрѣ, какъ уровень жидкости въ немъ передвигался отъ одной линіи къ другой. Но развѣ это онъ записалъ? Нѣтъ, мы здѣсь находимъ, что температура газа измѣнялась отъ такого-то до такого-то градуса.

Но что такое величина объема, который занималъ газъ, что такое величина давленія, которому онъ подвергался, что такое

градусъ температуры его? Развѣ это конкретные объекты? Нѣтъ это три абстрактныхъ символа, которые одни связываютъ физичѣск кую теорію съ наблюденными въ дѣйствительности фактами.

Чтобы образовать первую изъ этихъ абстракцій, величину занятаго газомъ объема, и привести ее въ связь съ наблюденнымъ фактомъ, т. е. съ соприкосновеніемъ поверхности ртути съ извѣстной линіей, было необходимо градуировать стеклянную трубку, т. е. воспользоваться не только абстрактными понятіями ариѳметики и геометріи, абстрактными принципами, на которыхъ покоятся эти науки, но и абстрактнымъ понятіемъ массы, гипотезами общей механики и механики неба, въ оправданіе примѣненія вѣсовъ для сравненія массъ. Необходимо было знать удѣльный вѣсъ ртути при температурѣ, при которой произведено было градуированіе, для чего необходимо было знать этотъ удѣльный вѣсъ при 0° Всего этого невозможно было бы сдѣлать, не зная законовъ гидростатики. Необходимо было знать законъ расширенія ртути, опредѣляемый съ помощью аппарата, въ которомъ находитъ примѣненіе увеличительное стекло, а слѣдовательно, необходимо было знать нѣкоторые законы оптики. Такимъ образомъ для образованія этого абстрактнаго понятія—объема, занятаго газомъ,—необходимо было знать не мало главъ физики.

Гораздо сложнѣе еще, гораздо тѣснѣе связано съ самыми основными теоріями физики исторія развитія другой абстрактной идеи—величины давленія, которому газъ подвергается. Для того, чтобы получить ее, чтобы можно было использовать ее, необходимо было оперировать столь тонкими, столь трудно опредѣлимыми понятіями, какъ понятія давленія и силы сцѣпленія. Необходимо было прибѣгнуть къ помощи формулы барометрическаго уровня, данной Лапласомъ и выведенной изъ законовъ гидростатики, необходимо было принять во вниманіе законъ сжимаемости ртути, опредѣленіе котораго связано съ наиболѣе трудными и вызвавшими не мало споровъ вопросами теоріи упругости.

Такимъ образомъ Ренье, когда производилъ свой опытъ, имѣлъ передъ глазами факты, онъ наблюдалъ явленія. Но то, что онъ сообщаетъ намъ о своемъ опытѣ, это не отчетъ о наблюденныхъ фактахъ, а это абстрактные символы, которые онъ съ помощью принятыхъ теорій подставилъ вмѣсто полученныхъ имъ конкретныхъ показаній.

То, что сдѣлалъ Ренье, долженъ по необходимости сдѣлать всякій физикъ—экспериментаторъ. На этомъ основаніи мы можемъ

высказать слѣдующій принципъ, выводы изъ котораго нами будутъ развиты на слѣдующихъ страницахъ:

Физическій экспериментъ есть точное наблюденіе группы явленій, связанное съ истолкованіемъ этихъ явленій. Это истолкованіе замѣняетъ конкретныя данныя, дѣйствительно полученныя наблюденіемъ, абстрактными и символическими описаніями, соотвѣтствующими этимъ даннымъ на основаніи допущенныхъ наблюдателемъ теорій.

§ II.—Результатъ физическаго эксперимента есть абстрактное и символическое сужденіе.

Мы выяснили признаки, устанавливающіе рѣзкую грань между физическимъ экспериментомъ и обыкновеннымъ опытомъ, вводя въ первый въ видѣ существеннаго его элемента теоретическое истолкованіе, котораго во второмъ быть не можетъ. Эти же признаки характеризуютъ вмѣстѣ съ тѣмъ и результаты, которые являются цѣлью стремленій въ томъ и другомъ случаѣ.

Результатъ обыкновеннаго эксперимента есть констатированіе отношенія существующаго между различными конкретными фактами. Одинъ какой-нибудь опредѣленный фактъ, искусственно вызванный, породилъ другой. Вы обезглавили, напримѣръ, лягушку и укололи булавкой лѣвую лапу ея. Правая лапка пришла въ движеніе, обнаруживъ попытку удалить булавку. Вотъ результатъ физіологическаго эксперимента. Это—отчетъ о конкретныхъ фактахъ Чтобы понять его, вовсе нѣтъ необходимости знать физіологію.

Совсѣмъ не то результатъ операцій, которыми занимается физикъ-экспериментаторъ. Это совсѣмъ не констатированіе группы конкретныхъ фактовъ, а это—выраженіе сужденія, устанавливающаго извѣстную взаимную связь между нѣкоторыми абстрактными, символическими понятіями, соотвѣтствіе между которыми и наблюденными въ дѣйствительности фактами устанавливается исключительно теоріями. Эта истина очевидна для всякаго мыслящаго человѣка Откройте какую угодно работу по экспериментальной физикѣ и прочтите выводы, къ которымъ приходитъ авторъ. Это вовсе не чистое и простое описаніе извѣстныхъ явленій. Нѣтъ, это абстрактныя выраженія, въ которыя вы не вложите никакого смысла, если вы

не знаете физическихъ теорій, на которыхъ основывается авторъ. Вы прочтете здѣсь, напримѣръ, что электродвижущая сила такого то столба газа возрастаетъ на столько то вольтовъ, когда давленіе возрастаетъ на столько то атмосферъ. Что же означаетъ это положеніе? Вы не вложите въ него никакого смысла, если не знаете самыхъ различныхъ, самыхъ важныхъ теорій физики. Мы сказали уже выше, что давленіе есть количественный символъ, введенный раціональной механикой, и одинъ изъ наиболѣе тонкихъ символовъ, которыми пользуется эта наука. Чтобы понять значеніе термина «электродвижущая сила», необходимо знать электрокинетическую теорію, созданную Омомъ и Кирхгоффомъ. Вольтъ есть единица электродвижущей силы въ системѣ практическихъ электромагнитныхъ единицъ. Опредѣленіе этой единицы выводится изъ уравненій электромагнитизма и индукціи, созданныхъ Амперомъ, Нейманномъ и Веберомъ. Ни одно изъ словъ, служащихъ для выраженія результата такого опыта, не выражаетъ прямо объекта видимаго и осязаемаго, а каждое изъ нихъ имѣетъ абстрактный и символическій смыслъ. Этотъ смыслъ связанъ съ конкретными реальностями лишь при посредствѣ теоретическихъ промежуточныхъ звеньевъ, многочисленныхъ и сложныхъ.

Остановимся еще немного на этихъ замѣчаніяхъ, столь важныхъ для яснаго пониманія физики и тѣмъ не менѣе столь часто не встрѣчающихъ признанія.

Человѣку, мало знакомому съ физикой и для котораго подобное заявленіе остается мертвой буквой, можетъ показаться, что положеніе, подобное приведенному выше, есть не болѣе, какъ изложеніе наблюденныхъ экспериментаторомъ фактовъ въ техническихъ терминахъ, непонятныхъ для профана, но вполнѣ ясныхъ для посвященныхъ. Само собою разумѣется, что такое мнѣніе есть заблужденіе.

Я нахожусь на парусномъ суднѣ и слышу слѣдующую команду офицера, стоящаго на вахтѣ: Au bras et boulines partout, brassez! Не будучи знакомъ съ морскимъ дѣломъ, я этихъ словъ не понимаю. Но я вижу, что матросы бѣгутъ на заранѣе опредѣленныя мѣста, схватываются за опредѣленные канаты и въ тактъ тянутъ ихъ. Слова, сказанныя офицеромъ, служатъ для нихъ обозначеніемъ конкретныхъ и вполнѣ опредѣленныхъ объектовъ, пробуждая въ ихъ умѣ мысль объ извѣстномъ маневрѣ, который они должны выполнить. Вотъ что значитъ для посвященнаго техническое выраженіе.

Совсѣмъ другое дѣло языкъ физика. Допустимъ, что физикъ слышитъ слѣдующее положеніе: съ увеличеніемъ давленія на столько то и столько то атмосферъ электродвижущая сила элемента увеличивается на столько то и столько то вольтовъ. Вѣрно, правда, то, что человѣкъ посвященный, знакомый съ теоріями физики, сумѣетъ перевести это выраженіе на языкъ фактовъ, сумѣетъ осуществить опытъ, результатъ котораго именно такъ выраженъ. Но—и это въ высшей степени важно—онъ сумѣетъ осуществить его безконечно многими и различными способами. Онъ сможетъ вызвать давленіе, наливая ртуть въ стеклянную трубку, поднимая вверхъ резервуаръ, наполненный жидкостью, приводя въ движеніе гидравлическій прессъ или вдвигая поршень въ наполненный водой сосудъ. Онъ сможетъ измѣрить это давленіе съ помощью манометра, наполненнаго обыкновеннымъ или сжатымъ воздухомъ, или, наконецъ, при помощи металлическаго манометра. Для опредѣленія измѣненія электродвижущей силы онъ сможетъ воспользоваться послѣдовательно всѣми извѣстными типами электрометровъ, гальванометровъ, электродинамометровъ и вольтаметровъ. Каждое новое расположеніе аппаратовъ позволитъ ему констатировать новые факты. Онъ сможетъ воспользоваться такими аппаратами и такимъ расположеніемъ ихъ, о которыхъ авторъ опыта, впервые поставившій его, и не подозрѣвалъ, и наблюдать явленія, которыхъ тому никогда не доводилось наблюдать. И, однако, всѣ эти манипуляціи—столь различныя, что профанъ не замѣтитъ между ними ни малѣйшей аналогіи—въ дѣйствительности не различные эксперименты. Нѣтъ, это только различныя формы одного и того же эксперимента. Факты, дѣйствительно созданные, были не похожи другъ на друга, какъ только возможно, и, однако, констатированіе этихъ фактовъ находитъ свое выраженіе все въ одномъ и томъ же положеніи: съ увеличеніемъ давленія на столько-то атмосферъ электродвижущая сила такого-то элемента возрастаетъ на-столько то вольтовъ.

Отсюда ясно, что языкъ, на которомъ физикъ выражаетъ результаты своихъ экспериментовъ, не есть языкъ техническій, на подобіе тому, которымъ пользуются различныя искусства и ремесла. Онъ сходенъ съ техническимъ языкомъ въ томъ отношеніи, что посвященный можетъ переводить его на языкъ фактовъ. Отличается же онъ отъ него тѣмъ, что въ положеніи, высказанномъ на техническомъ языкѣ, говорится объ опредѣленной операціи, которая должна быть произведена надъ конкретными и вполнѣ опредѣленными объектами, между тѣмъ какъ положеніе, выраженное на

языкѣ физическомъ, можетъ быть переведено на языкъ фактовъ безчисленнымъ множествомъ различныхъ способовъ.

Противъ тѣхъ, которые вмѣстѣ съ Ле-Руа настаивали на существенную роль, которую играетъ при изложеніи какого-нибудь экспериментальнаго факта теоретическое истолкованіе, Пуанкарэ [1]) выдвинулъ то самое мнѣніе, которое мы здѣсь оспариваемъ. По его мнѣнію, физическая теорія есть лишь словарь, при помощи котораго можно переводить конкретные факты на установленный съ общаго согласія простой и удобный языкъ. «Научный фактъ, говоритъ онъ [2]), есть лишь грубый фактъ, переведенный на удобный языкъ». И далѣе [3]): «все, что ученый создаетъ въ какомъ нибудь фактѣ, это языкъ, на которомъ онъ его выражаетъ».

«Я наблюдаю гальванометръ [4]). Если я спрошу вошедшаго только что посѣтителя, не свѣдущаго въ электричествѣ, течетъ ли токъ, онъ будетъ смотрѣть на проволоку и искать на ней вещь, которая двигалась бы. Но если я съ тѣмъ же вопросомъ обращусь къ моему помощнику, который понимаетъ мой языкъ, онъ будетъ знать, что это значитъ: движется ли свѣтящееся пятно, отбрасываемое зеркаломъ гальванометра на прозрачный масштабъ, и онъ посмотритъ на этотъ масштабъ».

«Какая же разница между выраженіемъ грубаго и голаго факта и выраженіемъ факта научнаго? Та же разница, какая существуетъ между выраженіемъ грубаго и голаго факта на французскомъ языкѣ и на нѣмецкомъ. Выраженіе научнаго факта есть переводъ выраженія грубаго факта на языкъ, отличающійся отъ обыкновеннаго французскаго или нѣмецкаго языка тѣмъ, что имъ пользуется значительно меньшее число лицъ».

Но это не вѣрно, будто слова: «токъ течетъ» есть лишь особый, основанный на общемъ соглашеніи, способъ выраженія того факта, что магнитъ этого гальванометра отклоненъ. Въ дѣйствительности на мой вопросъ: «течетъ ли токъ»? мой помощникъ могъ бы отвѣтить и слѣдующее: «токъ течетъ, но магнитъ не отклоненъ; въ гальванометрѣ что-то неладно». Почему же онъ утверждаетъ, что токъ течетъ, несмотря на то, что показаніе гальванометра отсутствуетъ? Потому что онъ констатировалъ, что поднимаются пузырьки газа

---

[1]) H. Poincaré: Sur la valeur objective des théories physiques (Revue de Métaphysique et de Morale, 10-e année 1902, стр. 263).

[2]) H. Poincaré: Loc cit., стр. 272.

[3]) H. Poincaré: Loc. cit., стр. 273.

[4]) H. Poincaré: Loc. cit., стр. 270.

въ вольтаметрѣ, включенномъ въ ту же цѣпь, что и гальванометръ, или что свѣтится электрическая лампочка, включенная въ ту же цѣпь, или что нагрѣлась катушка, на которую намотана та же проволока, которая включена въ цѣпь, или что въ случаѣ разрыва цѣпи—появляется искра. И на основаніи установленныхъ теорій каждый изъ этихъ фактовъ долженъ быть переведенъ—и имъ также—какъ отклоненіе стрѣлки въ гальванометрѣ—слѣдующими словами: «токъ течетъ». Отсюда ясно, что это сочетаніе словъ не есть выраженіе извѣстнаго конкретнаго факта на какомъ-нибудь языкѣ техническомъ или условномъ. Нѣтъ, это символическая формула, лишенная всякаго смысла для того, кто не знакомъ съ физическими теоріями, но человѣкомъ знакомымъ съ этими теоріями могущая быть переведенной на языкъ конкретныхъ фактовъ безчисленнымъ множествомъ различныхъ способовъ, потому что всѣ эти различные факты допускаютъ одно и то же теоретическое истолкованіе.

Пуанкарэ извѣстно [1]), что можно выдвинуть это возраженіе противъ ученія, которое онъ защищаетъ. Посмотримъ, какъ онъ его излагаетъ [2]) и какъ онъ на него отвѣчаетъ:

«Но не будемъ слишкомъ спѣшить. Для измѣренія тока я могу воспользоваться множествомъ гальванометровъ различныхъ типовъ или еще электродинамометромъ. И когда я послѣ этого говорю: въ этой цѣпи течетъ токъ въ столько-то амперъ, то это означаетъ слѣдующее: если я включу въ эту цѣпь такой-то гальванометръ, я увижу свѣтящееся пятно на дѣленіи *a*. Но это означаетъ также слѣдующее: если я включу въ эту цѣпь такой-то электродинамометръ, я увижу это пятно на дѣленіи *b*. И это можетъ означать еще многое другое, потому что присутствіе тока можетъ проявиться не только въ эффектахъ механическихъ, но и въ химическихъ, термическихъ, свѣтовыхъ и т. д. дѣйствіяхъ».

«И вотъ передъ нами выраженіе, которое соотвѣтствуетъ большому числу голыхъ фактовъ абсолютно различныхъ. Почему же оно такъ? Потому что я допускаю законъ, согласно которому всякій

[1]) Въ этомъ нѣтъ, впрочемъ, ничего удивительнаго, если сообразить, что приведенныя разсужденія нами были обнародованы почти въ тѣхъ же выраженіяхъ въ 1894 году, между тѣмъ какъ статья Пуанкарэ появилась въ 1902 году. Сравнивъ наши двѣ статьи, не трудно убѣдиться, что Пуанкарэ нападаетъ здѣсь на нашу точку зрѣнія въ такой же мѣрѣ, какъ на точку зрѣнія Ле-Руа.

[2]) Loc. cit., стр. 270.

разъ когда бываетъ такой-то механическій эффектъ, бываетъ также такой то эффектъ химическій. Очень много прежнихъ опытовъ убѣдили меня въ томъ, что этотъ законъ вѣренъ и тогда мнѣ стало ясно, что я могу объединить въ одномъ и томъ же положеніи два столь различныхъ факта».

Такимъ образомъ въ словахъ: «чрезъ эту проволоку течетъ токъ въ столько то амперъ», Пункарэ видитъ выраженіе не единичнаго какого-нибудь факта, а безчисленнаго множества фактовъ и при томъ на основаніи постоянныхъ отношеній между различными экспериментально установленными законами. Но развѣ эти отношенія не то самое именно, что весь міръ называетъ *теоріей электрическаго тока*? Именно на основѣ этой теоріи можно объединить въ словахъ: «въ этой проволокѣ течетъ токъ въ столько-то амперъ» такое множество различныхъ значеній. Такимъ образомъ задача ученаго не ограничивается созданіемъ яснаго и сжатаго языка для выраженія конкретныхъ фактовъ, а скорѣе нарожденіе такого языка предполагаетъ развитіе физической теоріи.

Между абстрактнымъ символомъ и конкретнымъ фактомъ можетъ существовать извѣстная связь, но никогда полное равенство. Абстрактный символъ не можетъ быть адэкватнымъ описаніемъ конкретнаго факта; конкретный фактъ никогда не можетъ быть строго точнымъ воплощеніемъ абстрактнаго символа. Абстрактная символическая формула, въ которой физикъ выражаетъ конкретные факты, констатированные имъ въ теченіе опыта, никогда не можетъ быть точнымъ эквивалентомъ, строго вѣрнымъ воспроизведеніемъ того, что онъ констатировалъ.

Эта разница между *практическимъ фактомъ*, дѣйствительно наблюденнымъ, и *теоретическимъ фактомъ*, т. е. символической и абстрактной формулой, высказанной физикомъ, обнаруживается для насъ въ томъ, что конкретные факты весьма различные, могутъ смѣшиваться, когда они истолкованы теоріей, составлять одинъ только опытъ и находить выраженіе въ одномъ только символическомъ положеніи: *одному и тому же теоретическому факту можетъ соотвѣтствовать безчисленное множество практическихъ фактовъ*.

Та же разница обнаруживается передъ нами и въ другомъ еще *выводѣ: одному и тому же практическому факту можетъ соотвѣтствовать безчисленное множество теоретическихъ фактовъ, логически между собой непримиримыхъ*. Одной и той же группѣ конкретныхъ фак-

товъ можетъ соотвѣтствовать въ общемъ не только одно лишь символическое сужденіе, но безчисленное множество различныхъ сужденій, логически противорѣчащихъ другъ другу.

Экспериментаторъ сдѣлалъ извѣстныя наблюденія и выразилъ ихъ въ слѣдующемъ положеніи: съ увеличеніемъ давленія на сто атмосферъ электродвижущая сила даннаго столба газа возрастаетъ на 0,0845 вольта. Съ тѣмъ же правомъ онъ могъ бы сказать, что то же самое увеличеніе давленія влечетъ за собой увеличеніе электродвижущей силы на 0,0844 вольта или на 0,0846 вольта. Какъ эти различныя показанія могутъ быть эквивалентными для физика? Вѣдь, для математика они противорѣчили бы другъ другу; если какое нибудь число есть 845, то оно не есть ни 844 ни 846.

Когда физикъ заявляетъ, что эти три сужденія въ его глазахъ тождественны, то онъ хочетъ этимъ выразить слѣдующее: принявъ уменьшеніе электродвижущей силы равнымъ 0,0845 вольта, онъ вычисляетъ на основаніи признаваемыхъ имъ теорій отклоненіе стрѣлки гальванометра, когда черезъ него будетъ пропущенъ токъ, данный этимъ столбомъ газа. Именно это послѣднее явленіе онъ можетъ наблюдать при помощи своихъ чувствъ. Онъ находитъ, что отклоненіе это будетъ имѣть извѣстную величину. Если онъ повторяетъ тѣ же вычисленія, исходя изъ допущенія, что эта электродвижущая сила уменьшается на 0,0844 или на 0,0846 вольта, то онъ находитъ другія величины для отклоненія стрѣлки. Но эти три отклоненія, полученныя такъ вычисленіемъ, слишкомъ мало между собой различаются, чтобы это можно было замѣтить, и только по этой причинѣ физикъ не видитъ никакой разницы между этими тремя величинами уменьшенія электродвижущей силы, между тѣмъ какъ математикъ увидѣлъ бы здѣсь три величины совершенно различныя.

Между теоретическимъ фактомъ, строго точнымъ, и фактомъ практическимъ съ его расплывчатыми и неопредѣленными контурами, какъ все, что дано нашимъ чувствамъ, не можетъ быть адэкватнаго отношенія. Вотъ почему одинъ и тотъ же практическій фактъ можетъ соотвѣтствовать безчисленному множеству фактовъ теоретическихъ. Мы достаточно остановились на этомъ различіи и его послѣдствіяхъ въ предыдущей главѣ и въ настоящей главѣ намъ нѣтъ надобности возвращаться къ нему.

Итакъ, одинъ теоретическій фактъ можетъ соотвѣтствовать безчисленному множеству различныхъ практическихъ фактовъ и одинъ практическій фактъ соотвѣтствуетъ безчисленному множеству не-

примиримыхъ между собой фактовъ теоретическихъ. Это двойное соотношеніе ярко освѣщаетъ предъ нами слѣдующую истину, которую мы хотѣли выяснить: между явленіями, дѣйствительно установленными во время эксперимента, и результатомъ этого эксперимента, формулированнымъ физикомъ, необходимо включить еще звено—весьма сложную интеллектуальную работу, которая на мѣсто отчета о конкретныхъ фактахъ ставитъ абстрактное и символическое сужденіе.

§ III.—Только теоретическое истолкованіе явленій дѣлаетъ возможнымъ употребленіе инструментовъ.

Но не только въ формѣ, которую получаетъ результатъ эксперимента, проявляется значеніе этой интеллектуальной операціи, которой физикъ истолковываетъ наблюденныя въ дѣйствительности явленія съ точки зрѣнія допущенныхъ имъ теорій, а оно проявляется еще и въ вспомогательныхъ средствахъ, которыми пользуется экспериментаторъ.

Дѣйствительно, было бы совершенно невозможно пользоваться инструментами, которые мы находимъ въ физическихъ лабораторіяхъ, если бы мы не замѣняли конкретные объекты, представляемые этими инструментами, абстрактнымъ схематическимъ образомъ, дѣлающимъ возможнымъ математическое изслѣдованіе, если бы мы не подчиняли эту комбинацію абстракцій выводамъ и вычисленіямъ, которыя предполагаютъ связь съ теоріями.

Спервоначалу это утвержденіе приведетъ читателя въ изумленіе.

Лупой—тоже физическимъ инструментомъ—пользуется множество людей. Чтобы пользоваться ей, имъ нѣтъ надобности замѣнять этотъ кусокъ сферическаго, отшлифованнаго, блестящаго и тяжелаго стекла, вправленнаго въ мѣдную или роговую оправу, сочетаніемъ двухъ сферическихъ поверхностей, ограничивающихъ среду съ извѣстнымъ показателемъ переломленія, хотя только это сочетаніе доступно изслѣдованіямъ діоптрики. Имъ нѣтъ надобности знать діоптрику, теорію лупы. Достаточно для нихъ разсматривать одинъ и тотъ же объектъ сначала невооруженнымъ глазомъ, а потомъ черезъ лупу, чтобы констатировать, что въ обоихъ случаяхъ объектъ имѣетъ тотъ же видъ, но во второмъ случаѣ кажется гораздо больше, чѣмъ въ первомъ. Поэтому, если они черезъ лупу видятъ

объектъ, котораго они невооруженнымъ глазомъ не замѣтили, то достаточно совершенно произвольнаго обобщенія на основаніи одного только здраваго смысла, чтобы утверждать, что объектъ этотъ былъ на столько увеличенъ лупой, что онъ сталъ видимымъ, но онъ вовсе не былъ созданъ, ни преобразованъ ей. Такимъ образомъ произвольныхъ сужденій на основаніи здраваго смысла достаточно для того, чтобы оправдать употребленіе, которое профанъ дѣлаетъ изъ лупы при своихъ наблюденіяхъ. Результаты этихъ наблюденій не находятся ни въ какой связи съ теоріями діоптрики.

Мы выбрали въ качествѣ примѣра одинъ изъ простѣйшихъ и наиболѣе грубыхъ инструментовъ физическихъ. И тѣмъ не менѣе, дѣйствительно ли вѣрно то, что можно пользоваться этимъ инструментомъ безъ всякой ссылки на теоріи діоптрики? На объектахъ, разсматриваемыхъ черезъ лупу, края окрашены какъ будто въ цвѣта радуги. Когда же мы описываемъ наблюдаемый объектъ, мы этихъ краевъ не принимаемъ во вниманіе, считая, что они созданы инструментомъ. Но откуда же мы это знаемъ, если не изъ теоріи свѣторазсѣянія? Но сколь многозначительнѣе это замѣчаніе, когда рѣчь идетъ не о простой лупѣ, а о микроскопѣ съ сильнымъ увеличеніемъ! Въ какія своеобразныя ошибки мы впадали бы, если бы наивно приписывали наблюдаемымъ объектамъ форму и цвѣтъ, въ которыхъ насъ знакомитъ съ ними инструментъ, если бы обсужденіе, основанное на оптическихъ теоріяхъ, не позволило намъ различать между явленіями и дѣйствительностью!

Но говоря объ этомъ микроскопѣ, предназначенномъ для чисто качественнаго описанія конкретныхъ объектовъ весьма малой величины, мы далеки еще отъ инструментовъ, которыми пользуется физикъ. Скомбинированные при помощи этихъ инструментовъ опыты должны служитъ не для отчета о реальныхъ фактахъ, не для описанія конкретныхъ объектовъ, а для выраженія въ числахъ извѣстныхъ символовъ, созданныхъ физическими теоріями.

Вотъ, напримѣръ, инструментъ, носящій названіе т а н г е н с ъ, б у с с о л я. Вокругъ круглой рамы проведена мѣдная проволока, обвитая шелкомъ. Въ центрѣ рамы подвѣшенъ на шелковой нити маленькій намагниченный кусокъ стали. Аллюминіевая игла, насаженная на этотъ магнитъ, движется по кругу, раздѣленному на градусы, что даетъ возможность съ точностью опредѣлить оріентировку магнита. Если оба конца мѣдной проволоки соединены съ гальваническимъ элементомъ, то магнитъ совершаетъ отклоненіе,

которое мы можемъ отсчитать на раздѣленномъ на градусы кругѣ. Допустимъ, что отклоненіе равно 30°.

Чтобы только констатировать этотъ фактъ, вовсе не нужно быть знакомымъ съ физическими теоріями, но это далеко еще не физическій экспериментъ. Вѣдь, задача физика не въ томъ, чтобы узнать отклоненіе магнита, а въ томъ, чтобы измѣрить интенсивность тока, который проходитъ по мѣдной проволокѣ.

Для того же, чтобы вычислить величину этой интенсивности на основаніи величины въ 30°, которую дало наблюденное отклоненіе, необходимо вставить эту величину въ опредѣленную формулу. Формула эта есть слѣдствіе, вытекающее изъ законовъ электромагнитизма. Для того, кто не считалъ бы правильной электромагнитную теорію Лапласа и Ампера, употребленіе этой формулы, вычисленіе, которое должно было бы дать въ результатѣ интенсивность тока, не имѣли бы въ дѣйствительности никакого смысла.

Эта формула употребляется для всѣхъ возможныхъ тангенсъ—буссолей, для всѣхъ отклоненій и для всѣхъ степеней интенсивности тока. Для того, чтобы вывести изъ нея величину опредѣленной интенсивности, которую нужно именно измѣрить, необходимо спеціализировать эту формулу. Для этого необходимо, во-первыхъ, ввести спеціальную величину отклоненія, которое было наблюдено, т. е. 30°, и, во-вторыхъ, примѣнить ее къ тому спеціальному тангенсъ-буссолю, который нашелъ примѣненіе въ опытѣ. Какъ же дѣлается эта спеціализація? Въ формулѣ мы находимъ нѣкоторыя буквы, такъ называемыя, характерныя постоянныя инструмента, обозначающія: радіусъ нашей круглой проволоки, по которой проходитъ токъ, магнитный моментъ магнита, величину и направленіе магнитнаго поля въ томъ мѣстѣ, гдѣ находится инструментъ. Вотъ вмѣсто этихъ буквъ мы подставляемъ въ формулу численныя величины, соотвѣтствующія данному инструменту и лабораторіи, въ которой онъ находится.

Но что же это значитъ, когда мы говоримъ, что мы пользовались такимъ-то инструментомъ, что мы работали въ такой-то лабораторіи? Это значитъ, что на мѣсто мѣдной проволоки извѣстной толщины, черезъ которую мы пропустили электрическій токъ, мы подставляемъ дугу круга, геометрическую линію безъ толщины, которая вполнѣ опредѣлена своимъ радіусомъ; что на мѣсто намагниченнаго куска стали опредѣленной величины и опредѣленной формы, подвѣшеннаго на шелковой нити, мы подставляемъ горизонтальную магнитную ось, безконечно малую, вращающуся безъ тренія около

вертикальной оси и имѣющую извѣстный магнитный моментъ; что на мѣсто лабораторіи, гдѣ происходитъ опытъ, мы подставляемъ, извѣстное пространство, вполнѣ охарактеризованное магнитнымъ полемъ опредѣленнаго направленія и опредѣленной интенсивности.

Такимъ образомъ, когда дѣло идетъ лишь о томъ, чтобы отсчитать отклоненіе магнита, мы имѣемъ передъ собой извѣстное сочетаніе вещей изъ мѣди, стали, аллюминія, стекла и шелка, которыя мы можемъ осязать и разсматривать. Сочетаніе это стоитъ на трехъ регулирующихъ винтахъ въ извѣстной лабораторіи, помѣщающейся въ подвальномъ помѣщеніи Faculté des sciences въ Бордо. Но эту лабораторію, куда можетъ вступить и посѣтитель совершенно несвѣдущій въ физикѣ, этотъ инструментъ, который можно изслѣдовать, не имѣя ни малѣйшаго понятія объ электромагнитизмѣ, мы оставили безъ вниманія, когда дѣло шло о томъ, чтобы завершить нашъ экспериментъ интерпретаціей произведенныхъ отсчитываній, что дѣлается примѣненіемъ формулы для тангенсъ-буссоля. Вмѣсто того мы приняли извѣстное сочетаніе магнитнаго поля, магнитной оси, магнитнаго момента, кругового тока извѣстной интенсивности, т. е. сочетаніе символовъ, которымъ только физическія теоріи придаютъ извѣстный смыслъ,— смыслъ, для людей незнакомыхъ съ электромагнитизмомъ совершенно непонятный.

Поэтому, когда физикъ производитъ какой-нибудь опытъ, умъ его одновременно занимаютъ два прекрасно различаемыхъ представленія объ иструментѣ, которымъ онъ работаетъ: одно есть образъ конкретнаго инструмента, которымъ онъ, дѣйствительно, работаетъ, другое — схематическій типъ того же инструмента, построенный съ помощью символовъ, данныхъ теоріями. И именно къ этому второму инструменту, идеальному и символическому, онъ примѣняетъ законы и формулы физики.

Этими принципами опредѣляется то, что слѣдуетъ понимать подъ словами, когда говорятъ объ усиленіи точности эксперимента исключеніемъ источниковъ ошибокъ при помощи соотвѣтственныхъ поправокъ. Дѣйствительно, мы сейчасъ увидимъ, что поправки эти суть нечто иное, какъ поправки въ теоретическомъ истолкованіи эксперимента.

По мѣрѣ развитія физики неопредѣленность группы абстрактныхъ сужденій, соотвѣтствіе которыхъ одному и тому же конкретному факту устанавливается физикомъ, все болѣе и болѣе суживается. Приблизительность получаемыхъ экспериментальныхъ ре-

зультатовъ все болѣе и болѣе уменьшается, точность ихъ возрастаетъ и не только потому, что инструменты дѣлаются все болѣе и болѣе точными, но и потому, что физическія теоріи даютъ все лучшіе и лучшіе методы установленія связи между фактами съ одной стороны и схематическими идеями, которыя должны ихъ представить,—съ другой. Эта возрастающая точность покупается, правда, все возрастающей сложностью, необходимостью одновременно съ основнымъ фактомъ наблюдать цѣлый рядъ фактовъ вспомогательныхъ, необходимостью подчинить голые факты, констатируемые въ опытѣ, комбинаціямъ и превращеніямъ, все болѣе и болѣе многочисленнымъ и сложнымъ. Вотъ эти превращенія, которымъ подвергаются непосредственныя данныя опыта, и суть поправки.

Будь физическій экспериментъ простымъ констатированіемъ факта, было бы абсурдомъ производить въ немъ поправки. Если бы наблюдатель производилъ свои наблюденія тщательно, внимательно и точно, было бы смѣшно сказать ему: вы видѣли не то, что вы должны были бы видѣть; позвольте мнѣ сдѣлать нѣкоторыя вычисленія, которыя покажутъ вамъ, что́ собственно вы должны были бы констатировать.

Напротивъ того, логическая роль поправокъ становится вполнѣ понятной, если вспомнить, что физическій экспериментъ есть не только констатированіе группы фактовъ, но и переводъ этихъ фактовъ на символическій языкъ при помощи правилъ, заимствованныхъ изъ физическихъ теорій. Отсюда въ дѣйствительности слѣдуетъ, что физикъ постоянно сравниваетъ между собой два инструмента: реальный инструментъ, которымъ онъ работаетъ, и инструментъ идеальный и символическій, о которомъ онъ разсуждаетъ. Слово манометръ, напримѣръ, означаетъ для Ренье двѣ вещи, по существу своему различныя, но неразрывно между собой связанныя: съ одной стороны группу стеклянныхъ трубокъ, крѣпко соединенныхъ между собой, прислоненныхъ къ башнѣ лицея Генриха IV и наполненныхъ жидкимъ, очень тяжелымъ металломъ, который химики называютъ ртутью, а съ другой стороны, столбъ той мыслимой лишь вещи, которую механики называютъ совершенной жидкостью, которая въ каждой точкѣ имѣетъ опредѣленную плотность и опредѣленную температуру и которая опредѣляется извѣстнымъ уравненіемъ, характеризующимъ ея сжимаемость и расширеніе. На первый изъ этихъ двухъ манометровъ помощ-

никъ Ренье направляетъ трубку катотометра, а ко второму великій физикъ примѣняетъ законы гидростатики.

Схематическій инструментъ не есть точный эквивалентъ инструмента реальнаго, да и не можетъ имъ быть. Но ясно, что онъ можетъ дать болѣе или менѣе совершенное представленіе о немъ. Ясно, что послѣ разсужденій объ инструментѣ схематическомъ, слишкомъ простомъ и слишкомъ далекомъ отъ дѣйствительности, физикъ старается замѣнить его болѣе сложной, но болѣе похожей на дѣйствительный инструментъ схемой. Вотъ этотъ переходъ отъ извѣстнаго схематическаго инструмента къ другому, который лучше символизируетъ конкретный инструментъ, и есть по существу та операція, которая носитъ въ физикѣ названіе поправки.

Помощникъ Ренье сообщаетъ ему высоту ртутнаго столба манометра. Ренье вноситъ въ нее поправку. Что это значитъ? Подозрѣваетъ ли онъ, что его помощникъ плохо смотрѣлъ, что онъ ошибся? Нѣтъ, онъ питаетъ полное довѣріе къ наблюденіямъ, сдѣланнымъ помощникомъ. Не имѣй онъ этого довѣрія, онъ не могъ бы вносить поправокъ, а ему пришлось бы начинать наблюденія сызнова. Если же вмѣсто высоты, сообщенной ему помощникомъ, Ренье беретъ другую, то онъ это дѣлаетъ на основаніи интеллектуальныхъ операцій, долженствующихъ уменьшить разницу между идеальнымъ символическимъ манометромъ, существующимъ только въ его воображеніи, составляющимъ предметъ его вычисленій, и дѣйствительнымъ манометромъ изъ стекла и ртути, который стоитъ передъ его глазами и показанія котораго ему сообщаетъ его помощникъ. Ренье могъ бы замѣнить въ мысляхъ этотъ реальный манометръ манометромъ идеальнымъ, содержащимъ несжимаемую жидкость, имѣющей вездѣ одну и ту же температуру и въ каждой точкѣ своей свободной поверхности подвергающейся атмосферному давленію, не зависимому отъ высоты. Между этой схемой, слишкомъ простой, и дѣйствительностью разница была бы слишкомъ велика и, слѣдовательно, точность эксперимента была бы слишкомъ недостаточна. Поэтому, онъ придумываетъ себѣ новый идеальный манометръ, болѣе сложный, чѣмъ первый, но лучше изображающій манометръ реальный и конкретный. Онъ представляетъ себѣ въ этомъ новомъ манометрѣ сжимаемую жидкость; онъ допускаетъ, что температура измѣняется отъ точки къ точкѣ; онъ допускаетъ, что барометрическое давленіе измѣняется по мѣрѣ поднятія вверхъ въ атмосферѣ. Каждое изъ этихъ измѣ-

ненiй въ первоначальной схемѣ образуетъ поправку: здѣсь и поправка на сжимаемость ртути, и поправка на неравномѣрное нагрѣванiе ртутнаго столба, и поправка Лапласа на зависимость барометрическаго] уровня отъ высоты. Всѣ эти поправки имѣютъ цѣлью усилить точность эксперимента.

Физикъ, усложняющiй поправками теоретическое изложенiе наблюденныхъ фактовъ, чтобы это изложенiе приблизить къ дѣйствительности, подобенъ художнику, который, набросавъ контуры картины, накладываетъ тѣни, чтобы рельефно выдѣлить модель на плоской поверхности.

Тотъ, кто видитъ въ экспериментахъ физики лишь констатированiе фактовъ, никогда не пойметъ роли, которую играютъ въ этихъ экспериментахъ поправки. Онъ не пойметъ прежде всего, что слѣдуетъ понимать подъ систематическими ошибками, которыя бываютъ при экспериментѣ.

Оставить при экспериментѣ причину систематической ошибки, не устранять ее, значитъ не вводить поправки, которая могла бы быть сдѣлана, чѣмъ была бы усилена точность эксперимента; это значитъ удовлетвориться слишкомъ простымъ теоретическимъ символомъ, когда его можно замѣнить болѣе сложнымъ, но лучше изображающимъ дѣйствительность; это значитъ удовлетвориться наброскомъ въ то время, когда можно получить тѣневой рисунокъ.

При своихъ опытахъ для изслѣдованiя сжимаемости газовъ Ренье не замѣтилъ одной причины систематической ошибки и оставилъ ее, но впослѣдствiи она была доказана. Онъ не принялъ во вниманiе дѣйствiя тяжести на газъ, подверженный сжатiю. Что мы хотимъ сказать, когда упрекаемъ Ренье за то, что онъ не принялъ во вниманiе этого дѣйствiя, что онъ не внесъ этой поправки? Хотимъ ли мы сказать, что его обманули его чувства, когда онъ наблюдалъ явленiя, происходившiя предъ его глазами? Нѣтъ, мы его упрекаемъ за то, что онъ слишкомъ упростилъ теоретическiй образъ этихъ фактовъ, представляя себѣ газъ, который онъ подвергалъ сжатiю, какъ однородную жидкость, между тѣмъ какъ разсматривай онъ его какъ жидкость, давленiе которой по опредѣленному закону измѣняется съ высотой, онъ получилъ бы новый абстрактный образъ, болѣе сложный, чѣмъ первый, но болѣе вѣрно изображающiй дѣйствительность.

§ IV.—О критикѣ физическаго эксперимента и о разницѣ, существующей между ней и провѣркой обыкновенныхъ показаній.

Итакъ, физическій опытъ и простое констатированіе факта—вещи совершенно различныя. Отсюда ясно, что достовѣрность результата опыта тоже совсѣмъ другая, чѣмъ достовѣрность факта, просто констатированнаго нашими чувствами. Не менѣе ясно также, что достовѣрность та и другая, будучи по природѣ своей столь различны, и оцѣниваются по методамъ, совершенно различнымъ.

Когда достовѣрный свидѣтель съ вполнѣ здравымъ умомъ, который не можетъ смѣшивать игры своей фантазіи съ воспріятіями и достаточно знакомъ съ языкомъ, которымъ онъ пользуется для того, чтобы ясно выразить свою мысль, утверждаетъ, что онъ констатировалъ какой-нибудь фактъ, то этотъ фактъ извѣстенъ. Я заявляю вамъ, что въ такой-то день, въ такой-то часъ, я на такой-то улицѣ видѣлъ лошадь бѣлой масти. Если у васъ нѣтъ основаній предположить, что я лгу или страдаю галлюцинаціями, то вы вѣрите, что въ такой-то день, въ такой-то часъ, на такой-то улицѣ была лошадь бѣлой масти.

Совсѣмъ другое дѣло довѣріе, которое вы должны имѣть къ положенію, высказанному какимъ-нибудь физикомъ, какъ результатъ своего эксперимента. Если бы физикъ ограничивался перечисленіемъ фактовъ, которые онъ видѣлъ собственными, такъ сказать, глазами, свидѣтельство его должно было бы быть провѣрено по общимъ правиламъ, по которымъ опредѣляется степень достовѣрности показаній всякаго человѣка. Если бы физикъ оказался достойнымъ довѣрія,—что оказалось бы, я полагаю, общимъ правиломъ,—его показаніе должно было быть принято, какъ выраженіе истины.

Но повторяю, то, что физикъ высказываетъ, какъ результатъ своего эксперимента, не есть отчетъ о констатированныхъ фактахъ, а это интерпретація этихъ фактовъ, перенесеніе ихъ въ міръ идеальный, абстрактный, символическій, созданный теоріями, которыя онъ считаетъ правильными.

Поэтому, подчинивъ показаніе физика правиламъ, опредѣляющимъ степень довѣрія, заслуживаемаго разсказомъ обыкновеннаго свидѣтеля, мы совершили лишь часть, и то легчайшую часть, работы критики, опредѣляющей цѣнность даннаго эксперимента.

Прежде всего намъ нужно очень старательно познакомиться съ теоріями, которыя принимаетъ физикъ и которыми онъ пользуется для истолкованія констатированныхъ имъ фактовъ. Не зная этихъ теорій, мы не можемъ понять смысла, который онъ вкладываетъ въ собственныя свои заявленія. Такой физикъ былъ бы передъ нами въ положеніи свидѣтеля, говорящаго на языкѣ, непонятномъ для судьи.

Если теоріи, принимаемыя этимъ физикомъ, принимаются и нами, если мы согласны съ нимъ относительно правилъ для истолкованія однихъ и тѣхъ же явленій, мы говоримъ на одномъ и томъ же языкѣ и можемъ понимать другъ друга. Но не всегда оно такъ бываетъ. Не бываетъ оно такъ, когда мы обсуждаемъ эксперименты физика, не принадлежащаго къ одной съ нами школѣ. Оно не бываетъ такъ, въ особенности, когда мы обсуждаемъ эксперименты физика, отъ котораго насъ отдѣляетъ періодъ въ 50, 100 200 лѣтъ. Тогда необходимо установить извѣстную связь между теоретическими идеями автора, котораго мы изучаемъ, и нашими. Тогда необходимо то, что онъ истолковалъ съ помощью своихъ символовъ, подвергнуть новой интерпретаціи съ помощью символовъ, которыми мы пользуемся. Только послѣ этого мы можемъ обсуждать его экспериментъ. Только тогда экспериментъ этотъ есть свидѣтельское показаніе, данное на чужомъ для насъ языкѣ и переведенное на нашъ языкъ при помощи словаря, который имѣется въ нашемъ распоряженіи. Мы можемъ перевести это свидѣтельство и только затѣмъ подвергнуть провѣркѣ.

Ньютонъ, напримѣръ, сдѣлалъ извѣстныя наблюденія касательно явленій цвѣтныхъ колецъ. Эти наблюденія онъ истолковалъ съ точки зрѣнія созданной имъ эммиссіонной теоріи. Онъ истолковалъ ихъ, указавъ для свѣтящихся частичекъ каждаго цвѣта разстояніе между приступомъ къ легкому отраженію и приступомъ къ легкой передачѣ. Но вотъ въ одинъ прекрасный день Юнгъ и Френель создаютъ на мѣсто эммиссіонной теоріи теорію волнообразнаго распространенія свѣта и они въ состояніи нѣкоторые элементы новой теоріи привести въ связь съ нѣкоторыми элементами старой. Между прочимъ, они замѣчаютъ, что разстояніе между приступомъ къ легкому отраженію и приступомъ къ легкой передачѣ соотвѣтствуетъ четвертой долѣ того, что новая теорія назвала длиной волны. Благодаря этому замѣчанію, результаты опытовъ Ньютона могутъ быть переведены на языкъ волнообразной теоріи свѣта. Числа, полученныя Ньютономъ,

будучи помножены на 4, даютъ длину волны различныхъ цвѣтовъ.

Точно также Біо произвелъ очень большое число точныхъ экспериментовъ по вопросу о поляризаціи свѣта и истолковалъ ихъ съ точки зрѣнія эммиссіонной теоріи. Френелю же удалось перевести ихъ на языкъ волнообразной теоріи свѣта и воспользоваться ими для провѣрки этой теоріи.

Когда же намъ не удается получить достаточныхъ разъясненій относительно теоретическихъ идей физика, эксперименты котораго мы обсуждаемъ, если намъ не удалось установить связи между символами, которыми онъ пользовался, и тѣми, которые даютъ намъ принятыя нами теоріи, то положенія, въ которыхъ этотъ физикъ выразилъ результаты своихъ экспериментовъ, для насъ ни истинны, ни ложны; они не имѣютъ для насъ никакого смысла, это для насъ мертвыя буквы; они въ нашихъ глазахъ то-же, что этрусскія или лигурійскія надписи въ глазахъ эпиграфиста: документы, написанные на языкѣ, непонятномъ для насъ. Какое множество наблюденій, собранныхъ физиками, жившими до насъ, такъ навсегда теряется! Ученые эти позабыли познакомить насъ съ методами, которыми они пользовались для истолкованія фактовъ, и мы не можемъ перевести ихъ интерпретаціи на языкъ нашихъ теорій, ибо они выразили свои идеи въ знакахъ, ключа къ которымъ у насъ нѣтъ.

Эти основныя правила кое-кому покажутся, можетъ быть, наивными; будутъ, можетъ быть, удивляться тому, что мы такъ долго останавливаемся на нихъ. *И, однако, если эти правила банальны,* то еще банальнѣе съ ними не считаться. Сколько есть научныхъ споровъ, въ которыхъ каждый изъ спорящихъ надѣется сразить противника неопровержимымъ свидѣтельствомъ фактовъ. И они приводятъ другъ другу наблюденія, противорѣчащія другъ другу. Противорѣчіе это заключается не въ дѣйствительности, которая всегда согласна съ самой собой, корень его въ теоріяхъ, при помощи которыхъ каждый изъ спорящихъ выражаетъ эту дѣйствительность. Сколько есть положеній въ сочиненіяхъ нашихъ предшественниковъ, которыя кажутся намъ чудовищными заблужденіями! А между тѣмъ мы превозносили бы ихъ, можетъ быть, какъ великія истины, если бы намъ удалось познакомиться съ теоріями, которыя вкладывали въ эти положенія ихъ истинный смыслъ, если бы позаботились перевести ихъ на языкъ современныхъ намъ теорій.

Допустимъ, что мы установили согласіе между теоріями, принимаемыми такимъ то экспериментаторомъ и теоріями, которыя мы считаемъ правильными. Очень можетъ случиться, что мы примемъ и положенія, въ которыхъ онъ выражаетъ результаты своихъ экспериментовъ. Въ такомъ случаѣ мы сейчасъ же должны провѣрить, пользовался ли онъ при истолкованіи наблюденныхъ фактовъ именно тѣми правилами, которыя предписываются общими нашими теоріями. Случается, что мы констатируемъ, что экспериментаторъ не удовлетворилъ всѣмъ законнымъ требованіямъ. Примѣняя тѣ или другія теоріи, онъ могъ совершить ошибку въ разсужденіяхъ или вычисленіяхъ. Въ такомъ случаѣ разсужденіе должно быть измѣнено и вычисленіе снова продѣлано. Результатъ опыта тогда видоизмѣнится и полученное число будетъ замѣнено другимъ числомъ.

Весь опытъ представлялъ собой непрестанное противопоставленіе двухъ аппаратовъ: дѣйствительнаго аппарата, которымъ работалъ наблюдатель, и аппарата идеальнаго и схематическаго, составлявшаго предметъ его разсужденій. Сравненіе этихъ двухъ аппаратовъ намъ необходимо подвергнуть критикѣ, а для этого намъ нужно хорошо знать оба аппарата. О второмъ у насъ можетъ быть адэкватное знаніе, ибо онъ опредѣляется математическими символами и формулами. Не такъ обстоитъ дѣло съ первымъ. Мы должны составить себѣ возможно болѣе точное представленіе о немъ на основаніи описанія, которое даетъ намъ экспериментаторъ. Но достаточно ли это описаніе? Даетъ ли оно намъ всѣ свѣдѣнія, которыя могутъ оказаться полезными для насъ? Состояніе изучаемыхъ тѣлъ, степень химической ихъ чистоты, условія, въ которыхъ они находились, затемняющія вліянія, которыя могли здѣсь быть, какъ и тысяча другихъ обстоятельствъ, которыя могли вліять на результатъ эксперимента,—было ли все это опредѣлено и съ точностью, не оставляющей желать ничего лучшаго?

Только отвѣтивъ на всѣ эти вопросы, мы можемъ задаться вопросомъ, въ какой мѣрѣ схематическій аппаратъ есть образъ, напоминающій аппаратъ конкретный. Мы можемъ разсмотрѣть, нельзя ли еще болѣе усилить это сходство, усложнивъ опредѣленіе идеальнаго аппарата. Мы можемъ задаться вопросомъ, были ли устранены всѣ систематическіе источники ошибокъ бо́льшого или меньшаго значенія, были ли сдѣланы всѣ желательныя поправки?

Пусть экспериментаторъ пользовался при интерпретаціи своихъ наблюденій теоріями, которыя и мы принимаемъ. Пусть онъ при

осуществленіи этой интерпретаціи вполнѣ точно примѣнялъ всѣ правила, диктуемыя этими теоріями. Онъ точно изучилъ и описалъ аппараты, которыми онъ пользовался. Онъ устранилъ систематическіе источники ошибокъ или внесъ необходимыя поправки для устраненія ихъ вліянія. Всего этого недостаточно еще, чтобы мы могли принять результатъ его эксперимента, а намъ нужно знать еще предѣлы ошибокъ этого эксперимента. Дѣло въ томъ, что абстрактныя и математическія положенія, соотвѣтствующія на основаніи теорій наблюденнымъ фактамъ, не бываютъ, какъ мы говорили уже выше, вполнѣ опредѣленными. Однимъ и тѣмъ же фактамъ можетъ соотвѣтствовать безчисленное множество различныхъ положеній, однѣмъ и тѣмъ же мѣрамъ—безчисленное множество оцѣнокъ ихъ, выраженныхъ въ различныхъ числахъ. Степень неопредѣленности абстрактнаго, математическаго положенія, служащаго для выраженія результата эксперимента, и есть то, что носитъ названіе предѣловъ ошибокъ этого эксперимента. Если наблюдатель далъ намъ ихъ, мы должны провѣрить методы при помощи которыхъ онъ усчиталъ ихъ. Если онъ намъ не далъ ихъ, мы должны опредѣлить ихъ собственными разсужденіями. Операція—сложная и крайне тонкая. Для опредѣленія предѣловъ ошибокъ или степени точности какого-нибудь эксперимента, необходимо прежде всего опредѣлить тонкость чувствъ наблюдателя. Астрономы стараются выразить эту величину въ математической формѣ, такъ называемаго, личнаго уравненія. Но уравненіе это имѣетъ очень мало сходства съ вполнѣ опредѣленнымъ постоянствомъ геометріи, ибо оно обязано своимъ происхожденіемъ случайной головной боли или плохому пищеваренію. Далѣе, для этого необходимо усчитать систематическія ошибки, исправить которыя было невозможно. Но даже, когда мы перечислили всѣ источники этихъ ошибокъ возможно болѣе полнымъ образомъ, вы можете быть увѣрены, что пропустили гораздо больше, чѣмъ вы перечислили, ибо сложность конкретной реальности неисчислима. Всѣ эти систематическія ошибки мы объединяемъ однимъ общимъ названіемъ ошибокъ случайныхъ. Не зная, отчего они зависятъ, мы не можемъ и исправить ихъ. Пользуясь извѣстной свободой, которую представляетъ имъ эта неизвѣстность, математики создали нѣкоторыя гипотезы насчетъ этихъ ошибокъ, позволяющія имъ при помощи извѣстныхъ математическихъ операцій ослабить ихъ вліяніе. Но теорія случайныхъ ошибокъ имѣетъ столько же цѣны, сколько имѣютъ эти гипотезы. И какъ знать цѣну этихъ

гипотезъ, разъ не знаешь ничего объ ошибкахъ, составляющихъ предметъ ихъ сужденія, разъ не знаешь источниковъ ихъ?

Поэтому, опредѣленіе предѣловъ ошибокъ какого-нибудь эксперимента есть работа крайне сложная. Часто здѣсь бываетъ очень трудно придерживаться вполнѣ опредѣленнаго, логически правильнаго порядка. Разсужденіе часто должно здѣсь уступить мѣсто тому рѣдкому и очень тонкому качеству—инстинкту или чутью—которое можетъ быть названо чутьемъ экспериментатора—качеству скорѣе ума тонкаго, чѣмъ математическаго.

Достаточно простого изложенія правилъ, опредѣляющихъ провѣрку какого нибудь физическаго эксперимента, одобреніе или отверженіе его, чтобы сдѣлать очевидной слѣдующую весьма важную истину: результатъ физическаго эксперимента не обладаетъ той достовѣрностью, какой обладаетъ фактъ, констатированный ненаучными методами—здоровымъ тѣломъ и душой, человѣкомъ на основаніи однихъ показаній своихъ чувствъ; менѣе непосредственная, подверженная спорамъ, отъ которыхъ обыкновенное свидѣтельствованіе свободно, достовѣрность эта всегда зависитъ отъ довѣрія, которое внушаетъ цѣлая группа теорій.

§ V —Физическій экспериментъ менѣе достовѣренъ, но болѣе точенъ и деталенъ, чѣмъ ненаучное констатированіе факта.

Профанъ думаетъ, что результатъ научнаго эксперимента отличается отъ обыкновеннаго наблюденія болѣе высокой степенью достовѣрности. Онъ ошибается, ибо описаніе физическаго эксперимента не обладаетъ непосредственной и относительно легко доступной провѣркѣ достовѣрностью обыкновеннаго научнаго показанія. Менѣе достовѣрный, чѣмъ это послѣднее, онъ зато превосходитъ его числомъ и точностью деталей, съ которыми онъ насъ знакомитъ, и именно въ этомъ заключается его дѣйствительное и весьма важное преимущество передъ нимъ.

Обыкновенное показаніе, которое даетъ намъ фактъ, констатированный на основаніи здраваго смысла, безъ всякихъ методовъ научныхъ, можетъ быть достовѣрнымъ почти исключительно въ томъ случаѣ, если онъ не деталенъ, не вполнѣ точенъ, а есть только фактъ въ грубыхъ чертахъ, наиболѣе въ немъ замѣтныхъ. Въ такой-то часъ дня, я на такой-то улицѣ видѣлъ лошадь бѣлой масти,—вотъ все, что я могу утверждать съ полной увѣренностью.

Къ этому общему утвержденію, я, можетъ быть, могъ-бы присоединить еще нѣкоторую подробность, привлекшую мое вниманіе,—какая нибудь особенность въ положеніи лошади, та или другая часть ея упряжи яркаго цвѣта—но другія детали ускользнули отъ моего вниманія. Но не забрасывайте меня вопросами: мои воспоминанія спутываются, мои отвѣты становятся неопредѣленными, и я вскорѣ вынужденъ отвѣтить вамъ: не знаю. За возможными исключеніями обыкновенное показаніе тѣмъ надежнѣе, чѣмъ менѣе оно точно, чѣмъ менѣе оно проанализировано, чѣмъ болѣе оно держится грубѣйшихъ и наиболѣе замѣтныхъ наблюденій.

Нѣчто совсѣмъ другое—отчетъ о физическомъ экспериментѣ. Здѣсь явленіе не рисуется въ общихъ и грубыхъ чертахъ, а подвергается анализу, здѣсь хотятъ дать отчетъ о мельчайшей детали, о самомъ спеціальномъ признакѣ, для чего самымъ точнымъ образомъ характеризуется положеніе и относительное значеніе каждой детали, каждой частности. И предполагается, что все это дается въ такой формѣ, что мы могли бы, когда намъ будетъ угодно, воспроизвести описываемое явленіе или, по крайней мѣрѣ, вызвать другое явленіе, теоретически ему эквивалентное. Осуществленіе этого намѣренія превосходило бы силы научнаго экспериментатора, какъ оно превосходитъ силы обыкновеннаго наблюденія, если бы первый не обладалъ для этого лучшими орудіями, чѣмъ второе. Число и точность деталей, составляющихъ всякое явленіе или сопутствующихъ ему, могли бы совершенно подавить наше воображеніе, парализовать нашу память и свестись къ описанію, если бы физикъ не имѣлъ въ своемъ распоряженіи чудесное средство классификаціи и описанія, удивительно ясное и точное орудіе символическаго изображенія—математическую теорію, если бы для характеристики относительнаго значенія каждой частности онъ не обладалъ въ численной оцѣнкѣ, въ измѣреніи средствомъ для точнаго и быстраго опредѣленія. Если бы кто нибудь попытался описать какой нибудь опытъ современной физики, совершенно не прибѣгая къ языку научныхъ теорій, если бы онъ попытался, напримѣръ, описать опыты Ренье надъ сжимаемостью газовъ, не прибѣгая совершенно къ помощи абстрактныхъ и символическихъ выраженій, введенныхъ современными физическими теоріями, каковы слова: давленіе, температура, плотность, сила тяжести, оптическая ось и т. д. то оказалось бы вотъ что: описаніе однихъ этихъ экспериментовъ могло бы наполнить цѣлый томъ и отчетъ получился

бы самый запутанный, самый непонятный, какой только можно себѣ представить.

Такимъ образомъ, если теоретическое истолкованіе лишаетъ результаты физическаго эксперимента непосредственной достовѣрности, которой обладаютъ данныя обыкновеннаго наблюденія, то зато именно оно даетъ возможность научному эксперименту гораздо глубже проникнуть въ детальный анализъ явленій, чѣмъ обыкновенный здравый смыслъ, и дать имъ описаніе гораздо болѣе точное, чѣмъ описаніе обыкновенное, не научное.

ГЛАВА ПЯТАЯ.

Физическій законъ.

---

§ I.—Физическіе законы суть символическія отношенія.

Какъ законы здраваго смысла основаны на наблюденіи фактовъ естественными средствами человѣка, такъ законы физики основаны на результатахъ физическихъ экспериментовъ. Само собою ясно, что глубокія различія, существующія между ненаучнымъ констатированіемъ факта и результатомъ физическаго эксперимента, должны существовать и между законами непосредственнаго наблюденія съ одной стороны и законами физики съ другой. Точно также почти все, что мы говорили выше о физическихъ экспериментахъ, можетъ быть распространено и на законы физики.

Возьмемъ одинъ изъ простѣйшихъ и наиболѣе достовѣрныхъ законовъ обыкновеннаго непосредственнаго наблюденія: всѣ люди смертны. Очевидно, что законъ этотъ устанавливаетъ связь между различными абстрактными опредѣленіями, между абстрактной идеей человѣка вообще, а не конкретной идеей такого-то человѣка въ частности съ одной стороны и между абстрактной идеей смерти, а не конкретной идеей такой-то формы ея—съ другой. Дѣйствительно, только подъ этимъ условіемъ установленія связи между абстрактными опредѣленіями законъ этотъ и можетъ быть общимъ. Но эти абстракціи вовсе не являются теоретическими символами. Они только выражаютъ то, что является общимъ во всѣхъ частныхъ случаяхъ, въ которыхъ законъ примѣняется. Далѣе, въ каждомъ изъ этихъ частныхъ случаевъ, въ которыхъ мы этотъ законъ примѣняемъ, мы найдемъ конкретные объекты, въ которыхъ эти абстрактныя идеи воплощены. Всякій разъ, когда мы констатируемъ, что люди смертны, мы видимъ предъ собой извѣстнаго человѣка, воплощающаго въ себѣ общую идею человѣка, и извѣстную спеціальную смерть, воплощающую общую идею смерти.

Возьмемъ другой еще законъ, который приводитъ въ качествѣ примѣра G. Milhaud [1]), когда онъ развиваетъ идеи, изложенныя нами нѣсколько раньше. Содержаніе этого закона относится къ области физики, но онъ только сохранилъ форму, которую имѣли законы физики, когда эта область знанія была еще въ вѣдѣніи непосредственнаго наблюденія только и не достигла еще ранга раціональной науки.

Вотъ этотъ законъ: сначала виденъ свѣтъ молніи и только потомъ слышенъ громъ. Понятія «громъ» и «молнія», объединенныя въ этомъ выраженіи, суть понятія абстрактныя и общія, но абстракціи эти на столько инстинктивно, на столько естественно выведены изъ спеціальныхъ данныхъ, что каждый разъ мы и въ молніи и въ громѣ сейчасъ же можемъ узнать конкретную форму нашихъ понятій «громъ» и «молнія».

Но не такъ обстоитъ дѣло въ случаѣ законовъ физики. Возьмемъ какой-нибудь одинъ изъ этихъ законовъ, законъ Маріотта, напримѣръ, и посмотримъ, что онъ выражаетъ, не интересуясь покуда его точностью. При постоянной температурѣ объемы, занятые одной и той же массой газа, обратно пропорціональны давленіямъ, дѣйствующимъ на него. Таково выраженіе закона Маріотта. Обозначенія, которыя мы въ немъ находимъ, понятія массы, температуры и давленія суть еще понятія абстрактныя. Но понятія эти не только абстрактны, но, кромѣ того, еще символичны и символы эти имѣютъ опредѣленный смыслъ только благодаря физическимъ теоріямъ. Представимъ себѣ какой-нибудь реальный, конкретный случай, въ которомъ мы хотимъ примѣнить законъ Маріотта. Мы имѣемъ тогда дѣло не съ какой нибудь конкретной, опредѣленной температурой, воплощающей общее понятіе температуры, а съ нѣкоторымъ газомъ, болѣе или менѣе теплымъ; предъ нами тогда не какое-нибудь спеціальное, опредѣленное давленіе, осуществляющее на дѣлѣ общее понятіе давленія, а извѣстный насосъ, на который извѣстнымъ образомъ производится давленіе. Конечно, этому болѣе или менѣе теплому газу соотвѣтствуетъ опредѣленная температура, этой затратѣ силы, производимой на насосъ, соотвѣтствуетъ опредѣленное давленіе. Но это соотвѣтствіе есть соотвѣтствіе обозначенной вещи своему знаку, который ее замѣняетъ, соотвѣтствіе нѣкоторой реальности—символу, который ее представляетъ. Соотвѣт-

---

[1]) G. Milhaud: La Science rationelle (Revue de Métaphysique et de Morale, 4-e année, 1896, стр. 280).—Вновь напечатано въ Rationnel, Paris, 1898, стр. 44.

ствіе это есть соотвѣтствіе далеко не непосредственное, а оно создается при помощи инструментовъ при посредствѣ различныхъ—часто весьма длительныхъ и весьма сложныхъ—измѣреній. Чтобы приписать этому болѣе или менѣе теплому газу опредѣленную температуру, необходимо обратиться къ термометру. Чтобы выразить затраченную на приведеніе въ движеніе насоса работу въ формѣ давленія, намъ необходимо воспользоваться манометромъ. Но, какъ мы видѣли въ предыдущей главѣ, пользованіе термометромъ и манометромъ предполагаютъ пользованіе физическими теоріями.

Но абстрактныя выраженія, которыми оперируетъ законъ обычнаго здраваго смысла, суть ничто иное, какъ только то, что является общимъ въ конкретныхъ объектахъ, доступнымъ нашимъ чувствамъ. Поэтому, переходъ отъ конкретнаго къ абстрактному совершается посредствомъ операціи столь необходимой и столь непроизвольной, что она остается несознанной. Когда предо мною опредѣленный человѣкъ, опредѣленный случай смерти, то я ихъ отношу непосредственно къ общему понятію человѣка, къ общей идеѣ смерти. Эта инстинктивная, непроизвольная операція даетъ намъ общія идеи, не подвергаемыя анализу, абстракціи принятыя, такъ сказать, en bloc. Мыслитель можетъ, конечно, подвергнуть эти общія абстрактныя идеи анализу, онъ можетъ задаться вопросомъ, что такое человѣкъ, что такое смерть, онъ можетъ постараться проникнуть глубоко и сполна въ смыслъ этихъ словъ. Работа эта позволитъ ему лучше усвоить смыслъ закона, но она вовсе не необходима, чтобы этотъ законъ понять. Чтобы понять его, достаточно брать слова, которыя въ немъ объединены, въ ихъ обычномъ смыслѣ, такъ что онъ ясенъ для всѣхъ людей, не только философовъ, но и профановъ.

Символическія выраженія, объединенныя въ физическомъ законѣ, уже не такія абстракціи, которыя прямо вытекаютъ изъ конкретной реальности. Нѣтъ, эти абстракціи представляютъ собой плодъ длительной, сложной, сознательной работы, работы въ теченіе столѣтій, результатомъ которой являются физическія теоріи. Невозможно понять этотъ законъ, невозможно его примѣнять, если не была продѣлана эта работа, если не извѣстны физическія теоріи.

Въ зависимости отъ того, принимается ли данная теорія или нѣтъ, одни и тѣ же слова, въ которыхъ выраженъ физическій законъ, получаютъ различный смыслъ, такъ что законъ можетъ быть

принять однимъ физикомъ, принимающимъ данную теорію, и отвергнуть другимъ, принимающимъ другую теорію.

Возьмемъ какого-нибудь крестьянина, никогда не задумывавшагося надъ понятіемъ человѣка и понятіемъ смерти, и метафизика, всю свою жизнь занимавшагося анализомъ этихъ понятій. Или возьмемъ двухъ философовъ, занимавшихся анализомъ этихъ понятій и пришедшихъ къ двумъ различнымъ опредѣленіямъ, между собой несовмѣстимымъ. Законъ: всѣ люди смертны, будетъ одинаково яснымъ и истиннымъ для всѣхъ. Точно также законъ: сначала виденъ свѣтъ молніи, и только потомъ слышенъ громъ—будетъ одинаково яснымъ и истиннымъ какъ для физика, основательно знакомаго съ законами искрового разряда, такъ и для представителя римской черни, который видѣлъ въ ударѣ молніи проявленіе гнѣва Юпитера Капитолійскаго.

Теперь разсмотримъ слѣдующій физическій законъ: всѣ законы сжимаются и расширяются одинаковымъ образомъ. Спросимъ различныхъ физиковъ, подчиняются ли этому закону пары іода или нѣтъ. Одинъ физикъ является сторонникомъ теорій, согласно которымъ пары іода представляютъ собой простой газъ. Такой физикъ дѣлаетъ изъ нашего закона слѣдующій выводъ: плотность паровъ іода, отнесенная къ воздуху, есть величина постоянная. Но опытъ показываетъ, что плотность паровъ іода, отнесенная къ воздуху, зависитъ отъ температуры и давленія. Нашъ физикъ дѣлаетъ отсюда тотъ выводъ, что пары іода не подчиняются нашему закону. По мнѣнію другого физика, пары іода не простой газъ, а смѣсь изъ двухъ газовъ, полимерныхъ одинъ въ отношеніи другого и способныхъ превращаться другъ въ друга. На этомъ основаніи изложенный выше законъ не требуетъ уже, чтобы плотность паровъ іода, отнесенная къ воздуху, оставалась постоянной, а онъ гласитъ, что плотность эта измѣняется съ измѣненіемъ температуры или давленія, согласно извѣстной формулѣ J. Willard-Gibbs'a. Въ этой формулѣ въ дѣйствительности выражены результаты экспериментальныхъ опредѣленій. Нашъ второй физикъ дѣлаетъ отсюда тотъ выводъ, что пары іода не составляютъ исключенія изъ правила, согласно которому всѣ газы одинаковымъ образомъ сжимаются и расширяются. Такимъ образомъ наши два физика придерживаются совершенно различныхъ точекъ зрѣнія на законъ, который они оба формулируютъ въ одинаковой формѣ. Одинъ находитъ, что законъ этотъ въ виду извѣстнаго факта теряетъ всякую силу, а другой, наоборотъ, что именно этотъ фактъ подтверждаетъ его.

Объясняется это тѣмъ, что въ различныхъ теоріяхъ, на которыя они ссылаются, смыслъ словъ: «простой газъ» неодинаковъ. Такимъ образомъ, пользуясь одними и тѣми же словами, они высказываютъ два различныхъ положенія. Чтобы сравнить это выраженіе съ дѣйствительностью, они производятъ вычисленія столь различныя, что одинъ можетъ найти, что законъ этотъ подтверждается такими-то фактами, когда другой находитъ, что тѣ же факты его опровергаютъ. Отсюда съ ясностью вытекаетъ слѣдующая истина: физическій законъ есть символическое отношеніе, для примѣненія котораго къ конкретной дѣйствительности требуется, чтобы человѣкъ зналъ и принималъ всѣ соотвѣтствующія теоріи.

§ II.—Физическій законъ, въ сущности говоря, ни правиленъ, ни неправиленъ, а только приблизителенъ.

Законъ обыденнаго здраваго смысла есть простое общее сужденіе; оно бываетъ истиннымъ или ложнымъ. Возьмемъ, напримѣръ, слѣдующій законъ, устанавливаемый обыденными наблюденіями: въ Парижѣ солнце ежедневно восходитъ на востокѣ, движется вверхъ по небесному своду и заходитъ на западѣ. Здѣсь предъ нами истинный законъ, безъ всякихъ условій, безъ всякихъ ограниченій. Возьмемъ теперь слѣдующее положеніе: луна всегда бываетъ полной; это законъ ложный. Когда ставится вопросъ о правильности закона, установленнаго здравымъ смысломъ, то отвѣтъ на этотъ вопросъ можетъ гласить или да, или нѣтъ.

Не такъ обстоитъ дѣло съ законами, которые мы находимъ въ наукѣ физики, достигшей полнаго своего развитія и излагающей свои законы въ формѣ математическихъ принциповъ. Такой законъ всегда символиченъ. Но символъ, въ сущности говоря, не можетъ быть ни правильнымъ, ни неправильнымъ. О немъ можно сказать только одно: онъ лучше или хуже выбранъ для выраженія дѣйствительности, которую онъ представляетъ, онъ олицетворяетъ эту дѣйствительность болѣе или менѣе точно, болѣе или менѣе детально. Но въ примѣненіи къ символу, слова «истина», «заблужденіе» теряютъ всякій смыслъ. Поэтому, если взять логика, обращающаго вниманіе на строго точный смыслъ словъ, то на вопросъ, вѣренъ ли или ложенъ такой-то опредѣленный законъ физики, у него можетъ быть одинъ только отвѣтъ: я вашего вопроса не понимаю. Отвѣтъ

этотъ можетъ показаться парадоксальнымъ, но для человѣка, претендующаго на знакомство съ физикой, онъ долженъ быть понятенъ. Остановимся на немъ нѣсколько подробнѣе.

Какому нибудь одному данному факту, согласно экспериментальному методу, который употребляется въ физикѣ, соотвѣтствуетъ не одно только символическое сужденіе, но безконечное множество различныхъ сужденій. Степень неопредѣленности символа есть степень приближенія къ полной точности соотвѣтствующаго опыта. Возьмемъ рядъ аналогичныхъ фактовъ. Для физика найти законъ этихъ фактовъ, значитъ найти формулу, содержащую символическое изображеніе каждаго изъ этихъ фактовъ. Неопредѣленность символа, соотвѣтствующаго каждому факту, обусловливаетъ, поэтому, неопредѣленность формулы, въ которой всѣ эти символы должны быть объединены. Одной и той же группѣ фактовъ можетъ соотвѣтствовать безконечное множество различныхъ формулъ, безконечное множество различныхъ физическихъ законовъ. Каждый изъ этихъ законовъ, чтобы быть принятымъ, долженъ связывать каждый фактъ не съ такимъ-то и такимъ-то символомъ его, а съ какимъ нибудь изъ безчисленнаго множества возможныхъ его символовъ. Вотъ что имѣется въ виду, когда говорятъ, что законы физики суть законы только приблизительные.

Вернемся для примѣра къ приведенному нами уже выше закону: въ Парижѣ солнце ежедневно восходитъ на востокѣ, движется вверхъ по небесному своду и заходитъ на западѣ. Представимъ себѣ, что мы не можемъ удовлетвориться свѣдѣніями, поставляемыми этими закономъ. Мы обращаемся къ наукамъ физическимъ за точнымъ закономъ движенія солнца, наблюдаемаго въ Парижѣ, за закономъ, по которому парижскій наблюдатель могъ бы судить о положеніи, которое занимаетъ солнце на небѣ въ каждый данный моментъ. Физическія науки, чтобы рѣшить эту проблему, обратятся не къ реальнымъ вещамъ, доступнымъ наблюденію, не къ солнцу, какъ мы его видимъ сіяющимъ на небѣ, а къ символамъ, которыми эти теоріи изображаютъ эти реальности. Несмотря на неравномѣрную его поверхность, не смотря на огромныя протуберанціи на немъ, онѣ будутъ представлять себѣ солнце въ видѣ геометрически совершеннаго шара, и онѣ попытаются опредѣлить положеніе центра этого реальнаго шара, или скорѣе даже положеніе, которое занимала бы эта точка, если бы астрономическая рефракція не отклоняла лучей солнца, если бы годовая аберрація не измѣняла видимаго положенія звѣздъ. Такимъ образомъ простую чувственную реаль-

ность, которую мы констатируемъ, блестящій дискъ, на который мы наставляемъ нашу подзорную трубу, науки эти замѣнятъ символомъ. Чтобы установить опредѣленную связь между этимъ символомъ и той реальностью, необходимо произвести сложныя измѣренія, необходимо, чтобы край солнца совпалъ съ тонкой нитью въ микрометрѣ, необходимо произвести много отсчитываній на раздѣленныхъ на градусы кругахъ, а въ отсчитанныя такимъ образомъ величины необходимо внести различныя поправки; далѣе, необходимо также произвести длинныя и сложныя вычисленія, законность которыхъ вытекаетъ изъ принятыхъ нами теорій, теоріи аберраціи и теоріи атмосферической рефракціи.

Эта точка символически называется центромъ солнца. Но и не она еще можетъ входить въ наши формулы; въ нихъ могутъ входить только координаты этой точки, ея долгота и широта, напримѣръ. Смыслъ и значеніе этихъ координатъ доступны только для человѣка, знакомаго съ законами космографіи, величины ихъ обозначаютъ точку на небесномъ сводѣ, на которую можно показывать пальцемъ, которую можно визировать въ подзорную трубу, и обозначаютъ онѣ ее на основаніи цѣлаго ряда произведенныхъ опредѣленій: опредѣленія меридіана мѣста, географическихъ координатъ его и т. д.

Возьмемъ опредѣленное положеніе солнечнаго диска. Можно ли это положеніе связать съ одной только величиной долготы и одной только величиной широты солнечнаго центра при условіи, что приняты во вниманіе всѣ поправки на аберрацію и рефракцію? Никоимъ образомъ. Пригодность нашего инструмента, служащаго для визированія солнца, ограничена. Степень точности различныхъ отсчитываній, которыя мы дѣлаемъ во время нашихъ экспериментовъ, ограничена. Находится ли солнечный дискъ въ этомъ или другомъ положеніи, мы различить не можемъ, если разстояніе между ними достаточно мало. Допустимъ, что мы въ состояніи опредѣлить координаты опредѣленной точки на небесномъ сводѣ съ точностью, не превосходящей 1′. Чтобы опредѣлить положеніе солнца въ данный моментъ, намъ достаточно тогда знать долготу и широту солнечнаго центра съ точностью до 1′. Такимъ образомъ для того, чтобы охарактеризовать движенія солнца, мы можемъ приписывать его долготѣ и широтѣ въ каждый данный моментъ не одну только, а безчисленное множество величинъ, хотя въ дѣйствительности оно въ каждый данный моментъ занимаетъ одно только положеніе. Для этого достаточно только, чтобы для каждаго даннаго момента двѣ

допустимыя величины долготы и двѣ величины широты различались между собой не болѣе чѣмъ на 1′.

Попытаемся теперь найти законъ движенія солнца, т. е. получить двѣ формулы, которыя дадутъ намъ возможность въ каждый данный моментъ вычислить долготу и широту солнечнаго центра. Не очевидно ли, что для того, чтобы представить измѣненія долготы, какъ функцію времени, мы можемъ воспользоваться не одной исключительно формулой, а безчисленнымъ множествомъ различныхъ формулъ, при томъ условіи, что формулы эти дадутъ намъ величины долготы, которыя будутъ различаться между собой на величину, меньшую 1′. Не очевидно ли, что то же самое получится при опредѣленіи широты. Наши наблюденія, слѣдовательно, надъ движеніемъ солнца могутъ быть одинаково хорошо выражены безчисленнымъ множествомъ различныхъ законовъ. Всѣ эти различные законы будутъ выражены въ уравненіяхъ, которыя алгебра признаетъ несовмѣстимыми, въ такихъ уравненіяхъ, что, если одно изъ нихъ соотвѣтствуетъ дѣйствительности, то всѣ остальныя ей не соотвѣтствуютъ. На воображаемомъ небесномъ сводѣ имъ будутъ соотвѣтствовать различныя кривыя и было бы абсурдомъ сказать, что одна и та же точка, въ одно и то же время можетъ описывать хотя бы двѣ изъ этихъ кривыхъ. Для физика же всѣ эти законы въ равной мѣрѣ пріемлемы, ибо они всѣ опредѣляютъ положеніе солнца съ приближеніемъ, не превышающимъ степени приблизительности наблюденія. Физикъ, поэтому, не имѣетъ права сказать, что истиненъ одинъ только изъ этихъ законовъ съ исключеніемъ всѣхъ остальныхъ.

Конечно, среди этихъ законовъ физикъ въ правѣ выбрать одинъ какой-нибудь и въ общемъ онъ такъ и сдѣлаетъ. Но мотивы, которыми онъ будетъ руководствоваться, дѣлая тотъ или другой выборъ, не будутъ такого рода, не будутъ представляться ему со столь повелительной необходимостью, какъ мотивы, которые заставляютъ его предпочесть истину лжи.

Онъ выберетъ одну какую-нибудь формулу потому, что она проще другихъ. Слабость нашего ума заставляетъ насъ приписывать большое значеніе соображеніямъ этого рода. Было время, когда физики принимали, что разумъ Творца страдаетъ той же слабостью, когда простота законовъ природы считалась догматомъ, не подлежащимъ ни малѣйшему сомнѣнію, догматомъ, во имя котораго осуждался каждый законъ, выраженный въ слишкомъ сложномъ алгебраическомъ уравненіи, а простота закона обезпечивала за нимъ

достовѣрность и значеніе, выходившія далеко за предѣлы экспериментальныхъ методовъ, при помощи которыхъ онъ былъ найденъ. Вотъ тогда Лапласъ, говоря о законѣ двойного преломленія, открытомъ Гюйгенсомъ, сказалъ [1]): «До сихъ поръ законъ этотъ былъ лишь результатомъ наблюденія, близкимъ къ истинѣ въ предѣлахъ ошибокъ наблюденія, отъ которыхъ не свободны самые точные результаты. Но теперь простота закона дѣйствія, отъ котораго онъ зависитъ, заставляетъ насъ разсматривать его, какъ строго точный законъ». Но теперь это время миновало. Прелесть простыхъ формулъ насъ не вводитъ больше въ заблужденіе и мы не видимъ больше въ ней свидѣтельства большей достовѣрности закона.

Физикъ предпочтетъ въ настоящее время одинъ законъ другому прежде всего тогда, когда онъ будетъ вытекать изъ теорій, которыя онъ принимаетъ. Отъ теоріи всемірнаго тяготѣнія, напримѣръ, онъ будетъ требовать, чтобы она указывала ему, какія формулы онъ долженъ предпочесть изъ всѣхъ тѣхъ, въ которыхъ можетъ быть выражено движеніе солнца. Но физическія теоріи представляютъ собой лишь средства для классификаціи и связи приблизительныхъ законовъ, которымъ подчинены данныя опыта. Поэтому, теоріи не могутъ видоизмѣнить природы этихъ экспериментальныхъ законовъ, онѣ не могутъ сдѣлать ихъ абсолютно истинными.

Итакъ, всякій физическій законъ есть законъ приблизительный. Вслѣдствіе этого онъ для строгаго логика не можетъ быть ни правильнымъ, ни ложнымъ. Всякій другой законъ, выражающій тѣ же данныя опыта съ тѣмъ же приближеніемъ, можетъ съ тѣмъ же основаніемъ, какъ первый, претендовать на титулъ истиннаго закона или—правильнѣе выражаясь—закона пріемлемаго.

§ III.—Всякій физическій законъ есть приблизительный и потому временный и относительный законъ.

Характернымъ для закона является то, что онъ твердо установленъ и абсолютенъ. Если какое-нибудь положеніе есть законъ, то оно является таковымъ только потому, что вѣрное сегодня, оно будетъ таковымъ и завтра, вѣрное для одного оно вѣрно и для другого. Не будетъ ли, поэтому, противорѣчіемъ ска-

---

[1]) Laplace: Exposition du systéme du monde 1. IV, c. XVIII: „De l'attraction moléculaire“.

зать о законѣ, что это законъ временный, что онъ можетъ быть принятъ однимъ и отвергнутъ другимъ? Безъ сомнѣнія, если подъ законами понимать такіе законы, съ которыми насъ знакомитъ обыкновенный здравый смыслъ, о которыхъ можно сказать въ прямомъ значеніи этихъ словъ, что они вѣрны. Такой законъ не можетъ быть вѣрнымъ сегодня и невѣрнымъ завтра, вѣрнымъ для васъ и невѣрнымъ для меня. Напротивъ, никакого противорѣчія не будетъ, если подъ законами понимать тѣ законы, которые мы находимъ въ физикѣ выраженными въ математической формулѣ. Такой законъ есть всегда законъ временный. Это не значитъ, конечно, что физическій законъ вѣренъ въ теченіе опредѣленнаго времени и затѣмъ становится невѣрнымъ, ибо онъ ни въ одинъ моментъ ни вѣренъ, ни невѣренъ. Это законъ временный, ибо факты, къ которымъ онъ примѣняется, онъ изображаетъ съ приближеніемъ, которое физики въ настоящее время считаютъ достаточнымъ, но которое завтра можетъ перестать ихъ удовлетворять. Такой законъ есть всегда законъ относительный и не потому, что онъ для одного физика вѣренъ, для другого нѣтъ, а потому, что степень его приближенія достаточна для того примѣненія, которое хочетъ изъ него сдѣлать одинъ физикъ, и недостаточна для того, которое хочетъ изъ него сдѣлать другой физикъ.

Мы сказали уже выше, что степень приблизительности какого-нибудь эксперимента не есть нѣчто, разъ навсегда установленное. Она возрастаетъ по мѣрѣ того, какъ инструменты становятся болѣе совершенными, какъ причины ошибокъ все болѣе избѣгаются или по мѣрѣ того, какъ поправки становятся болѣе точными, давая лучшіе результаты. По мѣрѣ того, какъ улучшаются экспериментальные методы, неопредѣленность абстрактнаго символа, который физическій экспериментъ связываетъ съ конкретнымъ фактомъ, становится все меньше. Многія символическія сужденія, которыя въ одну эпоху считались хорошими описаніями опредѣленнаго конкретнаго факта, оказываются въ другую эпоху уже недостаточными для точной характеристики этого факта. Такъ, напримѣръ, астрономы одного столѣтія могли считать достаточными для опредѣленія положенія солнечнаго центра въ данный моментъ всѣ величины долготы и широты, различавшіяся между собой на величину не болѣе 1′. Астрономы слѣдующаго столѣтія могли обладать телескопами лучшаго качества, кругами съ болѣе дробными дѣленіями, методами наблюденія болѣе тщательными и точными.

На этомъ основаніи они и потребовали, чтобы различныя опредѣленія долготы солнечнаго центра въ какой-нибудь данный моментъ, какъ и различныя опредѣленія широты его въ тотъ же моментъ различались между собой на величину не болѣе 10″; и вотъ безчисленное множество опредѣленій, которыми предшественники ихъ были довольны, было ими отвергнуто.

По мѣрѣ того, какъ неопредѣленность результатовъ эксперимента становится меньше, уменьшается и неопредѣленность формулъ, служащихъ для обобщеннаго описанія этихъ результатовъ. Одно столѣтіе принимало въ качествѣ закона движенія солнца цѣлую группу формулъ, которая въ каждый данный моментъ давала координаты центра солнца съ точностью до одной минуты. Слѣдующее столѣтіе ставитъ каждому закону движенія солнца то условіе, чтобы координаты центра солнца были даны съ точностью 10″. Безчисленное множество законовъ, полученныхъ въ первое столѣтіе, будетъ отвергнуто во второмъ.

Этотъ временный характеръ законовъ физики бросается въ глаза на каждомъ шагу, если прослѣдить исторію этой науки. Для Дюлонга и Араго, какъ и для современниковъ ихъ, законъ Маріотта былъ пріемлемой формой закона сжимаемости газовъ, потому что онъ изображалъ факты опыта съ отклоненіями, меньшими, чѣмъ возможныя ошибки методовъ наблюденія, бывшихъ въ ихъ распоряженіи. Когда Реньо улучшилъ аппараты и экспериментальные методы, законъ Маріотта пришлось отвергнуть: отклоненія, которыми отличались его показанія отъ результатовъ наблюденія, были гораздо больше, чѣмъ та степень неточности, которая была присуща новымъ аппаратамъ.

Представьте себѣ теперь двухъ физиковъ одной эпохи, изъ которыхъ одинъ находится въ условіяхъ, въ которыхъ находился Реньо, а другой въ условіяхъ, въ которыхъ находились Дюлонгъ и Араго: одинъ изъ нихъ обладаетъ весьма точными аппаратами и онъ хочетъ дѣлать весьма точныя наблюденія, а другой обладаетъ лишь грубыми инструментами, но не претендуетъ на большую точность изслѣдованій. Одинъ изъ нихъ отвергнетъ законъ Маріотта, а другой приметъ его.

Болѣе того. Случается и такъ, что одинъ и тотъ же физикъ одинъ и тотъ же физическій законъ то принимаетъ, то отвергаетъ въ одной и той же работѣ. Если бы какой-нибудь физическій законъ могъ быть названъ истиннымъ или ложнымъ, это было бы страннымъ ложнымъ заключеніемъ: одно и то же положеніе утвер-

ждалось бы и отрицалось бы въ одно и то же время, что составляетъ формальное противорѣчіе.

Ренье, напримѣръ, работая надъ изслѣдованіями сжимаемости газовъ, ставитъ себѣ цѣлью замѣнить законъ Маріотта формулой болѣе точной. Во время этихъ опытовъ ему нужно узнать атмосферное давленіе на высотѣ свободной поверхности ртути въ его манометрѣ. Это давленіе онъ пробуетъ опредѣлить по формулѣ Лапласа, а въ основѣ этой формулы лежитъ законъ Маріотта. Здѣсь, однако, нѣтъ еще ложнаго заключенія, нѣтъ еще никакого противорѣчія: Ренье знаетъ, что ошибка, внесенная въ вычисленія этимъ спеціальнымъ примѣненіемъ закона Маріотта, гораздо меньше, чѣмъ степень ненадежности экспериментальныхъ методовъ, которыми онъ пользуется.

Будучи лишь закономъ приблизительнымъ, всякій физическій законъ зависитъ отъ прогресса науки, который, усиливъ точность экспериментовъ, дѣлаетъ недостаточной степень приблизительности закона. Такимъ образомъ, физическій законъ есть по существу своему законъ временный. Оцѣнка его значенія измѣняется отъ физика къ физику въ зависимости отъ средствъ наблюденія, находящихся въ ихъ распоряженіи, и отъ точности ихъ изслѣдованій. Такимъ образомъ, физическій законъ есть по существу своему законъ относительный.

§ IV. — Всякій физическій законъ есть символическій и потому временный законъ.

Но не только потому физическій законъ есть законъ временный, что онъ приблизительный, но и потому, что онъ и символическій законъ. Всегда бываютъ случаи, когда символы, на которыхъ онъ основанъ, не способны болѣе изобразить реальную дѣйствительность удовлетворительнымъ образомъ.

Чтобы изучить какой-нибудь газъ, кислородъ, напримѣръ, физикъ создалъ схематическій символъ, доступный математическимъ разсужденіямъ и алгебраическимъ вычисленіямъ. Онъ посмотрѣлъ на этотъ газъ, какъ на одну изъ совершенныхъ жидкостей, изучаемыхъ въ механикѣ, имѣющую опредѣленную плотность, опредѣленную температуру и находящуюся подъ опредѣленнымъ давленіемъ. Между этими тремя элементами: плотностью, температурой и давленіемъ онъ установилъ извѣстное отношеніе, которое онъ выразилъ въ извѣстномъ уравненіи: вотъ это и есть законъ

сжатія и расширенія кислорода. Можемъ ли мы считать этотъ законъ разъ навсегда установленнымъ?

Нашъ физикъ помѣщаетъ кислородъ между двумя пластинами сильно заряженнаго электричествомъ конденсатора. Онъ опредѣляетъ плотность, температуру и давленіе газа и оказывается, что величины этихъ трехъ элементовъ не подтверждаютъ закона сжатія и расширенія кислорода. Приходитъ ли физикъ въ изумленіе, найдя въ своемъ законѣ несовершенства? Появляются ли у него тогда сомнѣнія въ непреложности законовъ природы? Ничуть не бывало. Онъ говоритъ себѣ, что оказавшееся несовершеннымъ отношеніе есть отношеніе символическое, относящееся не къ реальному и конкретному газу, надъ которымъ онъ производитъ свои манипуляціи, а къ извѣстному абстрактному образу, къ нѣкоторому схематическому газу, который характеризуется своей плотностью, температурой и давленіемъ, подъ которымъ онъ находится. Онъ говоритъ себѣ, что схема эта была слишкомъ проста, слишкомъ несовершенна, безъ сомнѣнія, для того, чтобы изображать свойства реальнаго газа, находящагося въ условіяхъ, въ которыхъ онъ дѣйствительно находится въ данный моментъ. Онъ старается тогда дополнить схему, сдѣлать ее болѣе способной изображать дѣйствительность. Онъ не довольствуется уже одной характеристикой символическаго кислорода черезъ его плотность, температуру и давленіе, подъ которымъ онъ находится, а онъ приписываетъ ему еще извѣстное свойство діэлектрика. Онъ вводитъ тогда въ конструкцію новой схемы интенсивность электрическаго поля, въ которомъ газъ находится. Онъ подвергаетъ этотъ болѣе полный символъ новымъ изслѣдованіямъ и получаетъ законъ сжимаемости діэлектрически поляризованнаго кислорода. Это уже законъ гораздо болѣе сложный, чѣмъ прежній. Прежній входитъ въ него, какъ частный его случай, но, будучи болѣе полнымъ, новый законъ находитъ подтвержденіе въ случаяхъ, когда прежній не находилъ подтвержденія.

И тѣмъ не менѣе можно ли считать этотъ новый законъ разъ на всегда установленнымъ?

Возьмемъ газъ, къ которому онъ примѣняется, и помѣстимъ его между полюсами электромагнита, и новый законъ будетъ въ свою очередь опровергнутъ экспериментомъ. Но не подумайте, что это новое опроверженіе приведетъ въ изумленіе физика. Онъ знаетъ, что онъ имѣетъ дѣло съ символическимъ отношеніемъ и что созданный имъ символъ въ извѣстныхъ случаяхъ есть вѣрное изображеніе дѣйствительности, но вовсе не долженъ быть эквивалентенъ ей при

всѣхъ условіяхъ. Не обезкураженный этимъ, онъ снова берется за свою схему, изображающую газъ, надъ которымъ онъ экспериментируетъ, и одаряетъ ее новыми чертами, чтобы она могла соотвѣтствовать всѣмъ установленнымъ фактамъ. Этого уже недостаточно, чтобы газъ имѣлъ опредѣленную плотность, извѣстную температуру, обнаруживалъ извѣстныя діэлектрическія свойства, чтобы на него производилось извѣстное давленіе и чтобы онъ находился въ электрическомъ полѣ опредѣленной интенсивности. Онъ приписываетъ ему еще, кромѣ того, извѣстный коэффиціентъ намагничиванія. Онъ даетъ отчетъ о магнитномъ полѣ, въ которомъ газъ находится. Объединивъ всѣ эти элементы въ одну группу формулъ, онъ получаетъ законъ сжатія и расширенія поляризованнаго и намагниченнаго газа. Такимъ образомъ онъ получаетъ законъ еще болѣе сложный, но болѣе многообъемлющій, чѣмъ прежніе. Этотъ законъ подтверждается въ безчисленномъ множествѣ случаевъ, въ которыхъ тѣ не подтверждались, но тѣмъ не менѣе это все еще законъ временный. Настанетъ когда-нибудь день—физикъ предвидитъ его,—когда окажутся на лицо условія, при которыхъ и этотъ законъ въ свою очередь будетъ опровергнутъ. Въ этотъ день придется снова заняться символическимъ изображеніемъ изучаемаго газа, придется присоединить новые элементы для его характеристики и создать новый, еще болѣе многообъемлющій законъ. Созданный теоріей математическій символъ пригнанъ къ дѣйствительности такъ, какъ рыцарскіе доспѣхи къ тѣлу рыцаря. Чѣмъ сложнѣе эти доспѣхи, тѣмъ болѣе гибкимъ, какъ будто, становится твердый металлъ. Чѣмъ больше число частей, покрывающихъ его тѣло, подобно чешуѣ, тѣмъ совершеннѣе контактъ между сталью и тѣломъ. Тѣмъ не менѣе, какъ бы ни было велико число частей, никогда доспѣхи не станутъ точной моделью человѣческаго тѣла.

Я знаю, что мнѣ могутъ возразить. Мнѣ могутъ сказать, что законъ сжатія и расширенія газа, формулированный въ самомъ началѣ, никогда и не опровергается позднѣйшими опытами, что онъ остается закономъ, по которому кислородъ сжимается и расширяется, когда онъ свободенъ отъ всякаго электрическаго или магнитнаго дѣйствія. Изслѣдованія физика показали намъ только, что къ этому закону, все значеніе котораго сохраняется, приходится присоединить еще законъ сжатія наэлектризованнаго газа и законъ сжатія намагниченнаго газа.

Даже тѣ, которые смотрятъ на вещи именно такимъ образомъ, должны признать, что первоначальный законъ могъ-бы дать поводъ

къ большимъ ошибкамъ, если излагать его безъ оговорокъ. Область, въ которой онъ остается правильнымъ, должна быть ограничена слѣдующими двумя оговорками: газъ свободенъ отъ всякаго электрическаго и всякаго магнитнаго дѣйствія. Но необходимость этихъ ограниченій обнаружилась не сейчасъ, а оказалась на лицо послѣ экспериментовъ, о которыхъ мы говорили выше. Но развѣ это единственныя ограниченія, необходимыя въ немъ? Не обнаружатъ ли опыты, которые будутъ произведены въ будущемъ, необходимость и въ другихъ ограниченіяхъ, не менѣе существенныхъ, чѣмъ эти? Какой физикъ осмѣлится высказать такое мнѣніе, осмѣлится утверждать, что въ современной намъ формѣ законъ этотъ не временный, а разъ на всегда установленный?

Законы физики суть законы временные потому, что символы, на которыхъ они основаны, слишкомъ просты, чтобы въ совершенствѣ представлять дѣйствительность. Постоянно оказываются на лицо такія условія, при которыхъ символъ перестаетъ изображать конкретныя вещи, при которыхъ законъ перестаетъ точно соотвѣтствовать явленіямъ. Вотъ почему выраженіе закона должно всегда сопровождаться ограниченіями, позволяющими устранять эти условія. Уясненіе этихъ ограниченій и есть прогрессъ физики. Никогда нельзя утверждать, что реестръ этихъ ограниченій полонъ, что никакого пополненія, никакого улучшенія быть не можетъ.

Эта работа постоянныхъ улучшеній, благодаря которой законы физики все болѣе и болѣе становятся недоступными опроверженію со стороны данныхъ опыта, играетъ весьма важную, весьма существенную роль въ развитіи науки. Да позволено намъ будетъ, поэтому, остановиться на ней еще немного и изучить ходъ ея на второмъ еще примѣрѣ.

Изъ всѣхъ физическихъ законовъ наилучшимъ образомъ, безъ сомнѣнія, подтверждается безчисленными своими послѣдствіями законъ всемірнаго тяготѣнія. Самыя точныя наблюденія надъ движеніями звѣздъ не обнаружили до сихъ поръ ни малѣйшей ошибки въ немъ. И тѣмъ не менѣе есть ли это законъ, разъ навсегда установленный? Нѣтъ, это временный законъ, который приходится безпрестанно видоизмѣнять и дополнять, чтобы онъ оставался въ согласіи съ данными опыта.

Передъ нами сосудъ съ водой. Законъ всемірнаго тяготѣнія знакомитъ насъ съ силой, дѣйствующей на каждую изъ частичекъ этой воды. Сила эта есть вѣсъ частички. Механика намъ сообщаетъ, какую форму должна принять вода: какова бы ни была при-

рода и форма сосуда, вода должна быть ограничена всегда горизонтальной плоскостью. Разсмотримъ поближе поверхность воды. На опредѣленномъ разстояніи отъ краевъ сосуда она горизонтальна, но не у самыхъ краевъ его. Здѣсь она нѣсколько возвышается, въ узкой трубкѣ она очень поднимается и вся поверхность становится вогнутой. Итакъ, законъ всемірнаго тяготѣнія здѣсь оказывается несостоятельнымъ. Для того, чтобы явленія капилярности не опровергали этого закона, необходимо его нѣсколько видоизмѣнить. Формулу, согласно которой сила тяготѣнія обратно пропорціональна квадрату разстоянія между тѣлами, приходится разсматривать не какъ точную, а только какъ приблизительную формулу. Приходится принять, что формула эта съ достаточной точностью выражаетъ лишь тяготѣніе двухъ удаленныхъ другъ отъ друга матеріальныхъ частичекъ, но она оказывается неправильной, когда рѣчь идетъ о взаимномъ притяженіи двухъ весьма мало удаленныхъ другъ отъ друга элементовъ. Необходимо ввести въ уравненія нѣкоторый дополнительный членъ, вслѣдствіе чего они становятся, правда, болѣе сложными, но зато и способными выразить болѣе обширный классъ явленій и обнять въ одномъ законѣ и движенія звѣздъ и дѣйствія капиллярности.

Этотъ законъ будетъ уже болѣе многообъемлющимъ, чѣмъ законъ Ньютона, но и онъ не обезпеченъ отъ всякаго противорѣчія. Если въ двухъ различныхъ мѣстахъ жидкой массы погрузить металлическія проволоки, ведущія къ двумъ полюсамъ батареи, законы капиллярности оказываются въ противорѣчіи съ данными наблюденія. Чтобы устранить это противорѣчіе, необходимо снова взяться за формулу, выражающую дѣйствія капиллярности, видоизмѣнить и дополнить ее, принимая во вниманіе электрическіе заряды, скопляющіеся на частицахъ жидкости, и силы, дѣйствующія между этими наэлектризованными частицами. Такъ, эта борьба между дѣйствительностью и физическими законами продолжается непрерывно до безконечности. Всякій законъ, сформулированный физикой, раньше или позже встрѣтитъ безпощадное опроверженіе со стороны дѣйствительности. Но неустанно физика будетъ вводить улучшенія въ опровергнутый законъ, видоизмѣнять и усложнять его, замѣнять его закономъ болѣе многообъемлющимъ, подъ который удастся подвести и выдвигаемое дѣйствительностью исключеніе.

Вотъ въ этой непрестанной борьбѣ, въ этой работѣ, въ которой законы постоянно совершенствуются, чтобы они могли подчинить себѣ и исключенія, и заключается прогрессъ физики. Законы

тяжести оказались несостоятельными передъ кускомъ янтаря, натертымъ шерстью, и физика должна была создать законы электростатики. Вопреки тѣмъ же законамъ тяжести, магнитъ поднялъ кусокъ желѣза вверхъ, и пришлось формулировать законы магнитизма. Эрстедъ нашелъ исключеніе изъ законовъ электростатики и магнитизма, и явился Амперъ со своими законами электродинамики и электромагнитизма. Развитіе физики идетъ не какъ развитіе геометріи, гдѣ къ вполнѣ установленнымъ, безспорнымъ положеніямъ присоединяются новыя. Нѣтъ, здѣсь опытъ констатируетъ непрерывно новыя противорѣчія между законами и фактами дѣйствительности, а физики неустанно улучшаютъ и видоизмѣняютъ законы, чтобы они точнѣе выражали эти факты.

§ V.—Физическіе законы болѣе детальны, чѣмъ обычные законы здраваго смысла.

Законы, сформулированные на основаніи данныхъ обыкновеннаго ненаучнаго опыта, суть общія сужденія, смыслъ которыхъ непосредственно очевиденъ. Когда передъ нами одно изъ такихъ сужденій, мы можемъ задаться вопросомъ: истинно ли оно? Часто отвѣтить на этотъ вопросъ не трудно. Во всякомъ случаѣ отвѣтъ на него гласитъ: да или нѣтъ. Законъ, объявленный истиннымъ, остается таковымъ во всѣ времена и для всѣхъ людей; это законъ— разъ навсегда установленный и абсолютный.

Другое дѣло—законы научные, основанные на опытахъ физики. Это—символическія отношенія, смыслъ которыхъ остается непонятнымъ для человѣка, незнакомаго съ физическими теоріями. Будучи символическими, законы эти никогда не бываютъ ни истинными, ни ложными. Подобно экспериментамъ, на которыхъ они основаны, они всегда только приблизительны. Приблизительность какого-нибудь закона, достаточная сегодня, можетъ оказаться недостаточной завтра, благодаря прогрессу экспериментальныхъ методовъ. Удовлетворяя одного физика, они могутъ оказаться недостаточными для удовлетворенія другого. Такимъ образомъ, законъ физики есть всегда законъ временный и относительный. Онъ законъ временный и потому еще, что онъ устанавливаетъ связь не между реальностями, а между символами, и что всегда оказываются случаи, въ которыхъ символъ перестаетъ соотвѣтствовать дѣйствительности. Поэтому, законы физики могутъ быть сохранены только при условіи непрестанной работы надъ улучшеніемъ и видоизмѣненіемъ ихъ.

Поэтому, проблема цѣнности законовъ физики ставится совсѣмъ другимъ образомъ, это—проблема безконечно болѣе сложная и болѣе тонкая, чѣмъ проблема достовѣрности законовъ здраваго смысла. Иной читатель, можетъ быть, сдѣлаетъ отсюда тотъ неожиданный выводъ, что знаніе законовъ физики составляетъ низшую ступень науки, чѣмъ простое знаніе законовъ здраваго смысла. Тѣмъ, кто попытается изъ приведенныхъ выше разсужденій сдѣлать этотъ парадоксальный выводъ, достаточно будетъ отвѣтить то, что мы говорили уже о научныхъ экспериментахъ вообще: физическій законъ обладаетъ гораздо менѣе непосредственной достовѣрностью, гораздо труднѣе поддающейся опредѣленію, чѣмъ законъ здраваго смысла, но зато онъ превосходитъ этотъ послѣдній болѣе пунктуальной точностью и детальностью своихъ предсказаній.

Вернемся теперь къ упомянутому уже выше закону здраваго смысла: въ Парижѣ солнце ежедневно восходитъ на востокѣ, движется вверхъ по небесному своду и заходитъ на западѣ. Стоитъ намъ сравнить этотъ законъ съ формулами, по которымъ въ каждый моментъ можно опредѣлить координаты центра солнца съ точностью чуть ли не до одной секунды, чтобы согласиться съ этой характеристикой физическаго закона.

Этой точности въ деталяхъ законы физики могутъ достичь, только пожертвовавъ кое чѣмъ изъ разъ навсегда установленной и абсолютной достовѣрности законовъ здраваго смысла. Между точностью и достовѣрностью существуетъ извѣстное компенсирующее отношеніе: одна можетъ возрастать только съ убываніемъ другой. Горнорабочій, показывая на камень, можетъ утверждать безъ замедленій, безъ всякихъ ограниченій, что въ этомъ камнѣ находится золото. Но химикъ, показывая мнѣ на блестящій слитокъ, и говоря: это чистое золото, долженъ прибавить слѣдующую поправку: или почти чистое; онъ не можетъ утверждать, что въ слиткѣ нѣтъ незамѣтныхъ слѣдовъ другого вещества.

Человѣкъ можетъ поклясться, что онъ говоритъ правду, но не въ его власти сказать всю правду и только правду. «Истина есть такая микроскопическая точка, что инструменты наши слишкомъ грубы для того, чтобы точно установить ее. Достигнувъ ея, они распластываютъ ее и тогда они больше чѣмъ на ней, больше чѣмъ на истинномъ, лежатъ на ложномъ, что ее окружаетъ» [1]).

---

[1]) Pascal: Pensées, edition Havet, art. III, nº 3.

ГЛАВА ШЕСТАЯ.

Физическая теорія и экспериментъ.

---

§ 1.—Экспериментальный контроль теоріи не обладаетъ въ физикѣ той же логической простотой, какъ въ физіологіи.

Физическая теорія имѣетъ одну только цѣль—дать описаніе и классификацію экспериментально установленныхъ законовъ. Единственное испытаніе, позволяющее судить о физической теоріи, признать ее хорошей или плохой, есть сравненіе между выводами изъ этой теоріи и экспериментально установленными законами, которые эта теорія должна описать и сгруппировать. Подвергнувъ тщательному и точному анализу признаки физическаго эксперимента и физическаго закона, мы теперь можемъ перейти къ установленію тѣхъ принциповъ, которыми необходимо руководствоваться при сравненіи эксперимента съ теоріей. Мы теперь можемъ сказать, какъ узнать, подтверждается ли данная теорія фактами или нѣтъ.

Многіе философы, говоря о наукахъ экспериментальныхъ, имѣютъ въ виду лишь такія науки, развитіе которыхъ не очень далеко ушло впередъ, каковы физіологія, нѣкоторыя отрасли химіи, гдѣ изслѣдователь обсуждаетъ непосредственно факты, гдѣ методъ, которымъ онъ пользуется, есть лишь методъ здраваго смысла, пробужденнаго лишь къ большему вниманію, гдѣ математическая теорія не ввела еще своихъ символическихъ образовъ. Въ такихъ наукахъ сравненіе между выводами изъ теорій и экспериментальными фактами, подчинено весьма простымъ правиламъ. Правила эти были очень ясно формулированы Клодомъ Бернаромъ, который свелъ ихъ къ слѣдующему единственному принципу [1]): «экспери-

---

[1]) Claude Bernard: Introduction à la Médecine expérimentale. Paris, 1865; стр. 63.

ментаторъ долженъ сомнѣваться, избѣгать разъ навсегда установленныхъ идей и всегда стоять на стражѣ свободы своей мысли».

«Первое условіе, которому долженъ удовлетворять ученый, посвящающій себя изслѣдованію явленій природы, заключается въ томъ, чтобы стоять на стражѣ полной свободы мысли, покоющейся на философскомъ сомнѣніи».

Теорія должна только быть источникомъ побужденій къ производству экспериментовъ. «Мы можемъ слѣдовать влеченію нашихъ чувствъ, какъ и нашимъ мыслямъ, мы можемъ давать свободу нашей фантазіи, лишь бы только всѣ наши мысли давали толчекъ къ новымъ экспериментамъ, приводящимъ къ установленію фактовъ, убѣдительныхъ или необходимыхъ и плодотворныхъ» [1]. Разъ опытъ произведенъ и результаты его ясно установлены, теоріи остается только обобщить и связать ихъ и на этой основѣ создать проекты новыхъ опытовъ и больше ничего. «Разъ человѣкъ проникся принципами экспериментальнаго метода, ему нечего опасаться. Ибо если идея вѣрна, ее продолжаютъ развивать; когда же она ошибочна, то на то и есть опытъ, чтобы исправить ее» [2]. Но пока продолжается экспериментъ, теорія должна оставаться за запертыми дверьми лабораторіи. Она должна соблюдать тишину и не мѣшать ученому, оставляя его съ глазу на глазъ съ фактами. Факты эти должны наблюдаться безъ предвзятаго мнѣнія, собираться съ одинаковой скрупулезной безпартійностью, безразлично, подтверждаютъ ли они предсказанія теоріи или противорѣчатъ имъ. Отчетъ, который даетъ намъ наблюдатель о своемъ экспериментѣ, долженъ быть вѣрнымъ и скрупулезно точнымъ отраженіемъ явленій. Здѣсь и намека не должно быть о томъ, какой системы придерживается ученый и къ какой онъ относится съ недовѣріемъ.

«Люди, питающіе слишкомъ преувеличенное довѣріе къ своимъ теоріямъ или къ своимъ мыслямъ, не только мало способны дѣлать открытія, но они и очень плохо наблюдаютъ. Они производятъ свои наблюденія всегда съ какой-нибудь предвзятой идеей и иначе наблюдать не могутъ. Производя какой-нибудь опытъ, они хотятъ увидѣть въ результатахъ его только одно—подтвержденіе своей теоріи. Поэтому, они искажаютъ наблюденіе и часто пренебрегаютъ фактами весьма важными только потому, что эти факты не соотвѣтствуютъ ихъ цѣли. Вотъ именно это побудило насъ раньше

---

1) Claude Bernard, loc. cit., стр. 64.

2) Claude Bernard, loc. cit., стр. 70.

сказать, что никогда не слѣдуетъ дѣлать опытовъ для подтвержденія своихъ идей, а исключительно для того, чтобы провѣрить ихъ... Но весьма естественно и то, что люди, которые слишкомъ вѣрятъ въ свои теоріи, не вѣрятъ въ чужія. Такіе люди смотрятъ на другихъ людей сверху внизъ и заняты одной только мыслью—найти въ теоріяхъ другихъ ошибки и противорѣчія. Но это остается одинаково невыгоднымъ для науки. Они производятъ свои эксперименты только для того, чтобы разрушить какую-нибудь теорію, а не для того, чтобы найти истину. Они производятъ плохія наблюденія, ибо они вводятъ въ результаты своихъ опытовъ лишь то, что находится въ согласіи съ цѣлью, которую они себѣ ставятъ, опуская все, что не находится съ ней ни въ какой связи, и тщательно устраняя все, что находится въ согласіи съ идеей, которую они оспариваютъ. Такъ, двумя противоположными путями приходятъ они къ одному и тому же результату — къ фальсификаціи науки и фактовъ».

«Выводъ изъ всего этого тотъ, что передъ данными опыта нужно заставить умолкнуть не только чужое мнѣніе, но и свое собственное..; что необходимо принимать результаты опыта такими, какими они даются со всѣми непредвидѣнными сторонами и всѣми случайностями» [1]).

Вотъ, напримѣръ, физіологъ. Онъ принимаетъ, что въ переднихъ корешкахъ спинного мозга находятся двигательныя нервныя волокна, а въ заднихъ—чувствительныя. Подъ вліяніемъ теоріи, которую онъ принимаетъ, онъ придумываетъ экспериментъ: если онъ перерѣжетъ передніе корешки, то извѣстная часть тѣла должна терять двигательную способность, не потерпѣвъ ни малѣйшаго ущерба въ чувствительности. Перерѣзавъ этотъ корешокъ, онъ наблюдаетъ результатъ своей операціи. Давая отчетъ объ этихъ наблюденіяхъ, онъ долженъ отвлечься отъ всѣхъ своихъ идей касательно физіологіи мозга. Его отчетъ долженъ быть голымъ описаніемъ фактовъ. Онъ не долженъ обходить молчаніемъ ни одного движенія, ни одной судороги, которыя противорѣчили бы его предвидѣнію. Если таковое наблюдается, онъ не можетъ приписать его какой-либо вторичной причинѣ, если спеціальный экспериментъ не обнаружилъ этой причины съ полной очевидностью. Если онъ хочетъ быть свободнымъ отъ упрека въ научной нечестности, онъ долженъ добиться абсолютнаго раздѣленія, онъ долженъ построить

---

[1]) Claude Bernard, loc. cit. 67.

непроницаемую стѣну между выводами изъ своихъ теоретическихъ дедукцій и фактами, которые онъ констатировалъ при своихъ опытахъ.

Слѣдовать такому правилу вовсе не легко. Оно требуетъ отъ ученаго абсолютнаго отрѣшенія отъ собственныхъ своихъ чувствъ, полнаго отсутствія вражды къ мнѣнію другого. Тщеславіе и зависть должны быть ему совершенно чужды. Какъ говоритъ Бэконъ, «глаза его никогда не должны увлажняться подъ вліяніемъ страстей человѣческихъ». Свобода мысли, составляющая по Клодъ Бернару, единственный принципъ экспериментальнаго метода, зависитъ не только отъ условій интеллектуальныхъ, но и отъ условій моральныхъ, вслѣдствіе чего она на практикѣ представляетъ собой явленіе тѣмъ болѣе рѣдкое и болѣе достойное похвалы.

Но если экспериментальный методъ, какъ мы его описываемъ, трудно примѣнять, то зато логическій анализъ его весьма простъ. Этого нельзя сказать, когда теорія, которую необходимо подчинить контролю фактовъ, есть не физіологическая, а физическая теорія. Здѣсь уже не можетъ быть и рѣчи о томъ, чтобы оставить теорію, подлежащую провѣркѣ, за дверьми лабораторіи, ибо безъ нея невозможно провѣрить ни одного инструмента, невозможно истолковать ни одного показанія инструмента. Мы видѣли уже выше, что голова физика, производящаго свои эксперименты, занята постоянно мыслями о двухъ аппаратахъ: о конкретномъ аппаратѣ,—изъ стекла, изъ металла,—которымъ онъ оперируетъ, и объ аппаратѣ схематическомъ и абстрактномъ, который теорія подставляетъ на мѣсто аппарата конкретнаго и о которомъ онъ разсуждаетъ. Идеи объ этихъ двухъ аппаратахъ неразрывно между собой связаны въ умѣ его. Каждая изъ нихъ по необходимости вызываетъ другую. Физикъ не можетъ понять конкретнаго аппарата, не связавъ съ нимъ понятія объ аппаратѣ схематическомъ, какъ французъ не можетъ понять идеи, не связавъ съ ней французскаго слова, выражающаго ее. Эта основная невозможность отдѣлить физическія теоріи отъ экспериментальныхъ методовъ, долженствующихъ служить для контроля этихъ самыхъ теорій, особенно усложняетъ этотъ контроль и обязываетъ насъ къ тщательной провѣркѣ логическаго ихъ смысла.

По правдѣ говоря, не одинъ физикъ апеллируетъ къ теоріямъ въ тотъ самый моментъ, когда онъ экспериментируетъ или излагаетъ результаты своихъ экспериментовъ. И химикъ, и физіологъ, когда они пользуются физическими инструментами—термометромъ,

манометромъ, калориметромъ, гальванометромъ, сахарометромъ,— implicite принимаютъ точность теорій, оправдывающихъ пользованіе этими аппаратами,—теорій, придающихъ лишь опредѣленный смыслъ абстрактнымъ понятіямъ температуры, давленія, количества теплоты, интенсивности тока, поляризованнаго свѣта, при помощи которыхъ совершается переводъ конкретныхъ показаній этихъ инструментовъ. Но теоріи, которыми они пользуются, какъ инструменты, которые они примѣняютъ, принадлежатъ къ области физики. Принимая же вмѣстѣ съ инструментами и теоріи, безъ которыхъ показанія этихъ инструментовъ были бы лишены смысла, химикъ и физіологъ оказываютъ свое довѣріе физику, допускаютъ, что онъ не ошибается. Физикъ же, напротивъ, обязанъ относиться недовѣрчиво какъ къ собственнымъ теоретическимъ идеямъ, такъ и къ идеямъ другихъ физиковъ. Съ точки зрѣнія логической разница здѣсь незначительная. Для физіолога, для химика, какъ и для физика выраженіе результата какого-нибудь эксперимента этого послѣдняго представляетъ собой въ общемъ актъ вѣры въ правильность цѣлой группы теорій.

§ II.—Физическій экспериментъ никогда не можетъ привести къ опроверженію одной какой-нибудь изолированной гипотезы, а всегда только цѣлой группы теорій.

Произведя какой-нибудь экспериментъ или давая о немъ отчетъ, физикъ implicite признаетъ правильность цѣлой группы теорій. Примемъ этотъ принципъ и посмотримъ, какія изъ него вытекаютъ слѣдствія, когда мы хотимъ оцѣнить роль и логическое значеніе физическаго эксперимента.

Во избѣжаніе смѣшенія различныхъ вещей мы будемъ различать опыты двоякаго рода: опыты прикладные, о которыхъ мы сейчасъ скажемъ пару словъ, и опыты провѣрочные, которые должны особенно занимать насъ.

Предъ нами физическая проблема, которая должна быть разрѣшена практически. Чтобы получить тотъ или другой эффектъ, мы должны воспользоваться знаніями, добытыми физиками. Мы хотимъ, напримѣръ, зажечь электрическую лампочку. Принятыя нами теоріи даютъ намъ средство для рѣшенія этой проблемы. Но для того, чтобы воспользоваться этимъ средствомъ, мы должны имѣть нѣко-

торыя свѣдѣнія. Мы должны, напримѣръ, опредѣлить электродвижущую силу батареи аккумуляторовъ, которой мы располагаемъ. Мы измѣряемъ эту электродвижущую силу, и это и есть экспериментъ прикладной. Цѣль опыта не въ томъ заключается, чтобы узнать, правильны ли допущенныя теоріи или нѣтъ, а въ томъ, чтобы извлечь извѣстную пользу изъ этихъ теорій. Чтобы добиться этой цѣли, мы и пользуемся инструментами, подтверждающими эти самыя теоріи. Здѣсь нѣтъ ничего, противнаго логикѣ.

Но не одними прикладными экспериментами занимается физикъ. Ихъ назначеніе одно: черезъ ихъ посредство наука приходитъ на помощь практикѣ. Но не ими растетъ и развивается наука. Кромѣ экспериментовъ прикладныхъ существуютъ еще эксперименты провѣрочные.

У физика возникаютъ сомнѣнія въ правильности какого-нибудь закона, въ правильности того или другого пункта какой-нибудь теоріи. Какъ ему оправдать это сомнѣніе? Какъ ему доказать неточность закона? Исходя изъ этого закона, онъ сдѣлаетъ предсказаніе о какомъ-нибудь экспериментальномъ фактѣ и затѣмъ осуществитъ условія, при которыхъ этотъ фактъ долженъ наступить. Если предсказанный фактъ не наступитъ, законъ, на основаніи котораго онъ предсказалъ этотъ фактъ, будетъ безвозвратно осужденъ.

Ф. Нейманнъ сдѣлалъ допущеніе, что колебаніе поляризованнаго свѣтового луча происходитъ параллельно плоскости поляризаціи. Многіе физики усомнились въ правильности этого положенія. Что сдѣлалъ О. Винеръ, чтобы превратить это сомнѣніе въ увѣренность, чтобы показать, что допущеніе Нейманна должно быть отвергнуто? Онъ сдѣлалъ изъ этого положенія слѣдующій выводъ: если заставить пучекъ свѣтовыхъ лучей, отраженный отъ стеклянной пластинки подъ угломъ въ 45°, интерферировать съ падающимъ пучкомъ лучей, поляризованнымъ перпендикулярно къ плоскости паденія, то должны образоваться полосы, попеременно то свѣтлыя, то темныя, параллельныя плоскости отраженія. Осуществивъ условія, при которыхъ должны образоваться эти полосы, онъ показалъ, что сказанное явленіе не наступаетъ. Отсюда онъ сдѣлалъ тотъ выводъ, что допущеніе Нейманна невѣрно, что колебаніе поляризованнаго свѣтового луча не происходитъ параллельно плоскости поляризаціи.

Подобнаго рода доказательство столь же убѣдительно, столь же

неопровержимо, какъ методъ приведенія къ абсурду, который употребляется въ математикѣ. Впрочемъ, доказательство это и есть сколокъ съ того метода, такъ какъ экспериментальное противорѣчіе играетъ здѣсь ту же роль, которую тамъ играетъ противорѣчіе логическое.

Въ дѣйствительности доказательная сила экспериментальнаго метода далеко не такъ строго точна, далеко не такъ абсолютна. Условія, въ которыхъ онъ осуществляется, гораздо сложнѣе, чѣмъ тамъ. Оцѣнка результатовъ здѣсь гораздо труднѣе и нуждается въ провѣркѣ.

Физикъ хочетъ доказать неправильность какого-нибудь положенія. Чтобы предсказать на основаніи этого положенія какое-нибудь явленіе, чтобы произвести опытъ, долженствующій показать, наступаетъ ли это явленіе или нѣтъ, чтобы истолковать результаты этого опыта и констатировать, что ожидаемое явленіе не наступило, онъ не ограничивается примѣненіемъ спорнаго положенія. Онъ пользуется еще цѣлымъ рядомъ теорій, принимаемыхъ имъ безъ спору. Предсказаніе явленія, которое должно подтвердить или устранить сомнѣнія, вытекаетъ не изъ одного этого спорнаго положенія, взятаго въ отдѣльности, а изъ этого положенія въ связи со всѣмъ этимъ рядомъ теорій. Когда явленіе не наступаетъ, то этимъ опровергается не одно только спорное положеніе, но и все теоретическое зданіе, которымъ воспользовался физикъ. Чему же учитъ насъ произведенный опытъ? Онъ учитъ только тому, что среди всѣхъ научныхъ положеній, на основаніи которыхъ явленіе было предсказано и затѣмъ констатировано, что оно не наступаетъ, имѣется, по меньшей мѣрѣ, одно неправильное. Но какое именно неправильно, этому произведенный опытъ насъ не научаетъ. Объявляетъ ли физикъ, что ошибка заключается именно въ томъ научномъ положеніи, которое онъ хотѣлъ опровергнуть? Сдѣлай онъ это, онъ тѣмъ самымъ допустилъ бы полную правильность всѣхъ другихъ научныхъ положеній, которыми онъ воспользовался. Въ такомъ случаѣ пришлось бы сказать одно: какова цѣна этого довѣрія его, такова цѣна и его заключенія.

Возьмемъ, напримѣръ, экспериментъ, придуманный Ценкеромъ, и осуществленный О. Винеромъ. Чтобы предсказать форму полосы при извѣстныхъ условіяхъ и показать, что она не появляется, Винеръ воспользовался не только знаменитымъ положеніемъ Неймана,—положеніемъ, которое онъ хотѣлъ опровергнуть,—онъ не

только допустилъ, что въ поляризованномъ лучѣ колебанія происходятъ параллельно плоскости поляризаціи, а онъ кромѣ того воспользовался еще положеніями, законами, гипотезами, входящими въ составъ оптики, всѣми принимаемой. Онъ допустилъ, что свѣтъ состоитъ изъ простыхъ періодическихъ колебаній, что эти колебанія перпендикулярны къ свѣтовому лучу, что въ каждой точкѣ интенсивность свѣта измѣряется средней живой силой колебательнаго движенія, что различныя степени этой интенсивности измѣряются дѣйствіемъ свѣта на фотографическую пластинку. Только въ связи съ этими различными положеніями и многими другими, перечислить которыя было бы слишкомъ долго, Винеръ могъ предсказать явленіе на основаніи положенія Неймана и затѣмъ констатировать, что экспериментъ опровергъ это предсказаніе. Если, по мнѣнію Винера, опроверженіе это относится только къ положенію Неймана, если только это послѣднее положеніе должно нести отвѣтственность за обнаружившуюся ошибку, то очевидно что Винеръ считаетъ всѣ другія положенія, изъ которыхъ онъ исходилъ, внѣ всякихъ сомнѣній.

Но это довѣріе вовсе не логически необходимо. Ничто не мѣшаетъ считать положеніе Неймана правильнымъ и вину за противорѣчіе эксперимента возложить на какое-нибудь другое положеніе общепринятой оптики. Какъ показалъ Пуанкарэ, совсѣмъ не трудно защитить гипотезу Неймана отъ опроверженія экспериментомъ Винера, если только взамѣнъ пожертвовать гипотезой, на основаніи которой интенсивность свѣта измѣряется средней живой силы колебательнаго движенія. Можно принять, что колебаніе совершается паралелльно плоскости поляризаціи и тѣмъ не менѣе не оказаться въ противорѣчіи съ опытомъ, если только измѣрять интенсивность свѣта средней потенціальной энергіей среды, деформирующей колебательное движеніе.

Изложенные принципы имѣютъ очень большое значеніе и потому будетъ, пожалуй, не безполезно иллюстрировать ихъ еще на одномъ примѣрѣ. Выберемъ еще одинъ экспериментъ, считающійся однимъ изъ наиболѣе рѣшающихъ въ оптикѣ.

Общеизвѣстно, что Ньютонъ является авторомъ одной теоріи оптическихъ явленій, такъ называемой, эммиссіонной теоріи. Теорія эта принимаетъ, что свѣтъ состоитъ изъ безконечно тонкихъ частичекъ, отбрасываемыхъ съ чрезвычайной скоростью солнцемъ и другими источниками свѣта. Частички эти проникаютъ во всѣ прозрачныя тѣла. Различныя части тѣхъ средъ, внутри которыхъ

онѣ двигаются, оказываютъ на нихъ дѣйствія притяженія или отталкиванія. Дѣйствія эти очень сильны, когда разстояніе между дѣйствующими частичками очень мало, и исчезаютъ, когда массы, между которыми эти дѣйствія происходятъ, удалены другъ отъ друга на значительномъ разстояніи. Эти гипотезы вмѣстѣ съ нѣкоторыми другими, приводить которыя нѣтъ надобности, были положены въ основу полной теоріи отраженія и преломленія свѣта. Въ частности изъ нихъ между прочимъ вытекаетъ слѣдующее: показатель преломленія свѣта при прохожденіи луча изъ одной среды въ другую равенъ скорости свѣтовой частички внутри среды, въ которую она проникаетъ, раздѣленной на скорость той же частички внутри среды, которую она оставляетъ.

Вотъ этотъ выводъ Араго и выбралъ для того, чтобы показать, что эммиссіонная теорія находится въ противорѣчіи съ фактами. Дѣло въ томъ, что изъ этого положенія въ свою очередь вытекаетъ слѣдующее положеніе: свѣтъ движется въ водѣ быстрѣе, чѣмъ въ воздухѣ. И Араго предложилъ методъ для сравненія скорости свѣта въ водѣ и въ воздухѣ. Методъ его, правда, оказался, неосуществимымъ, но Фуко внесъ въ него нѣкоторое измѣненіе, сдѣлалъ его осуществимымъ и осуществилъ его. Оказалось, что въ водѣ свѣтъ движется медленнѣе, чѣмъ въ воздухѣ. Отсюда можно было сдѣлать вмѣстѣ съ Фуко тотъ выводъ, что эммиссіонная система несовмѣстима съ фактами.

Я говорю эммиссіонная с и с т е м а, а не эмиссіонная г и п о т е з а. Дѣйствительно, опытъ вскрылъ ошибку во всей группѣ положеній, допущенныхъ Ньютономъ и послѣ него Лапласомъ и Біо, во всей теоріи, откуда было выведено отношеніе между показателемъ преломленія и скоростью распространенія свѣта въ различныхъ средахъ. Но, осуждая эту систему въ цѣломъ, констатируя, что въ ней есть ошибка, опытъ не говоритъ намъ, гдѣ именно это ошибка. Заключается ли она въ основной гипотезѣ, что свѣтъ состоитъ изъ частичекъ, отбрасываемыхъ свѣтящимися тѣлами съ большой скоростью? Или она заключается въ какомъ нибудь другомъ допущеніи относительно дѣйствій, которымъ подвергаются свѣтящіяся частички со стороны средъ, въ которыхъ онѣ движутся? Ничего мы объ этомъ не знаемъ. Было бы безразсудно думать, что опытъ Фуко осудилъ безвозвратно самое эмиссіонную гипотезу, ассимиляцію свѣтового луча тучей свѣтящихся частичекъ, какъ это, повидимому, полагалъ Араго. Если-бы физики придавали какое-нибудь значеніе такой работѣ, имъ удалось бы обосновать на этомъ

положеніи оптическую систему, которая оказалась бы въ полномъ согласіи съ опытомъ Фуко.

Итакъ, физикъ никогда не можетъ подвергнуть контролю опыта одну какую нибудь гипотезу въ отдѣльности, а всегда только цѣлую группу гипотезъ. Когда же опытъ его оказывается въ противорѣчіи съ предсказаніями, то онъ можетъ отсюда сдѣлать лишь одинъ выводъ, а именно, что, по меньшей мѣрѣ, одна изъ этихъ гипотезъ непріемлема и должна быть видоизмѣнена, но онъ отсюда не можетъ еще заключить, какая именно гипотеза не вѣрна.

Мы теперь довольно далеки еще отъ того экспериментальнаго метода, какимъ его охотно рисуютъ люди, незнакомые съ его функціей. Принято думать, что каждая изъ гипотезъ, находящая примѣненіе въ физикѣ, можетъ быть взята въ отдѣльности и подвержена контролю опыта и затѣмъ, когда разнообразными и многочисленными опытами будетъ констатирована ея цѣнность, ей можетъ быть отведена въ окончательной формѣ ея мѣсто въ системѣ физики. Въ дѣйствительности это, однако, не такъ. Физика не машина какая-нибудь, которую можно разбирать и развинчивать. Мы не можемъ испытывать каждую часть ее въ отдѣльности и затѣмъ сказать, что прочность ея была тщательно проконтролирована. Физическая наука есть система, которую приходится брать цѣликомъ: это организмъ и не можетъ одна какая - нибудь часть функціонировать безъ того, чтобы но стали функціонировать самыя отдаленныя другія части, одни—болѣе, другія — менѣе, но непремѣнно всѣ въ той или другой степени. Если наступаетъ одно какое-нибудь нарушеніе, одно какое-нибудь поврежденіе въ функціи этого организма, то это—въ дѣйствительности дѣло всей системы, и физикъ долженъ угадать тотъ органъ, который нуждается въ исправленіи, хотя онъ и не можетъ изолировать этотъ органъ и изучить его въ отдѣльности. Когда ваши часы останавливаются, вы отдается ихъ часовыхъ дѣлъ мастеру. Тотъ вынимаетъ всѣ колесики и разсматриваетъ каждое въ отдѣльности, пока онъ не находитъ то, что нуждается въ исправленіи. Когда къ врачу приходитъ больной, онъ не можетъ разрѣзать его, чтобы поставить діагнозъ. Онъ долженъ найти мѣсто и причину болѣзни, руководствуясь исключительно неправильностями, которыя наблюдаются въ тѣлѣ въ цѣломъ. Вотъ этого врача, а не часовыхъ дѣлъ мастера напоминаетъ физикъ, желающій поставить на ноги недомогающую теорію.

§ III. — Experimentum crucis» вещь въ физикѣ невозможная.

Остановимся еще немного на этомъ вопросѣ, ибо мы коснулись одного изъ самыхъ существенныхъ пунктовъ экспериментальнаго метода, какъ онъ употребляется въ физикѣ.

Методъ приведенія къ абсурду, являющійся какъ будто лишь средствомъ опроверженія, можетъ стать и методомъ доказательства. Чтобы доказать, что какое-нибудь положеніе правильно, достаточно довести до абсурда положеніе, прямо противоположное. Общеизвѣстно, какую пользу извлекали математики древней Греціи изъ этого способа доказательства.

Тѣ, которые уподобляютъ экспериментальное противорѣчіе методу доведенія до абсурда, полагаютъ, будто въ физикѣ можно пользоваться аргументомъ, сходнымъ съ тѣмъ, которымъ столь часто пользовался Эвклидъ въ геометріи. Вы хотите дать группѣ явленій опредѣленное неоспоримое теоретическое объясненіе? Перечислите всѣ гипотезы, которыя можно принять, чтобы дать отчетъ въ этой группѣ явленій, затѣмъ отбрасывайте на основаніи экспериментальнаго противорѣчія одну за другой, пока не останется одна гипотеза; эта послѣдняя перестанетъ быть гипотезой, а получитъ полную достовѣрность.

Возьмемъ какой-нибудь частный случай. Допустимъ, что на лицо только двѣ гипотезы. Подберите такія экспериментальныя условія, при которыхъ одна изъ гипотезъ предвѣщаетъ наступленіе одного явленія, а другая — наступленіе другого, совершенно различнаго явленія. Осуществите эти условія и посмотрите, что произойдетъ. Если наступитъ первое явленіе, вы отвергнете вторую гипотезу, а если наступитъ второе, то вы отвергнете первую гипотезу. Та гипотеза, которая не будетъ отвергнута, станетъ неоспоримой; споры по ея поводу будутъ закончены и наука обрѣтетъ новую истину. Таково экспериментальное доказательство, которое авторъ Nowum Organum назвалъ «Experimentum crucis», «что должно напомнить перекрестокъ, откуда расходятся различныя дороги».

Предъ нами двѣ гипотезы о природѣ свѣта: для Ньютона, для Лапласа, для Біо свѣтъ состоитъ изъ частичекъ, отбрасываемыхъ свѣтящимися тѣлами съ чрезвычайной скоростью; для Гюйгенса,

для Юнга, для Френеля свѣтъ состоитъ изъ колебаній, волны которыхъ распространяются въ особой средѣ—въ эфирѣ. Эти двѣ гипотезы—единственныя, которыя признаются возможными; движеніе или уносится тѣломъ, которое имъ объято и съ которымъ оно остается связаннымъ, или передается отъ одного тѣла къ другому. Если мы примемъ первую гипотезу, то изъ нея вытекаетъ, что свѣтъ распространяется въ водѣ скорѣе, чѣмъ въ воздухѣ. Если мы примемъ вторую гипотезу, то изъ нея вытекаетъ, что свѣтъ скорѣе распространяется въ воздухѣ, чѣмъ въ водѣ. Обратимся къ аппарату Фуко и приведемъ въ движеніе вращающееся зеркало. На нашихъ глазахъ образуются двѣ свѣтящіяся полосы, одна неокрашенная и другая, окрашенная въ зеленоватый цвѣтъ. Гдѣ находится зеленоватая полоса, слѣва или справа неокрашенной? Если слѣва, то свѣтъ быстрѣе распространяется въ водѣ, чѣмъ въ воздухѣ, и тогда неправильна гипотеза волнообразнаго распространенія свѣта; если же она находится справа, то свѣтъ быстрѣе распространяется въ воздухѣ, чѣмъ въ водѣ, и тогда осуждена эмиссіонная гипотеза. Посмотрѣвъ въ лупу, служащую для разсмотрѣнія обѣихъ свѣтящихся полосъ, мы констатируемъ, что зеленоватая полоса находится справа отъ неокрашенной полосы. Споръ рѣшенъ; свѣтъ не есть тѣло, а колебательное движеніе, распространяющееся въ эфирѣ. Эмиссіонная гипотеза приказала долго жить. Гипотеза волнообразнаго распространенія свѣта—внѣ сомнѣній. Нашъ experimentum crucis обогатилъ нашъ научный credo еще однимъ параграфомъ.

Сказанное въ предыдущемъ параграфѣ показываетъ, въ какой мѣрѣ ошибаются люди, приписывая опыту Фуко столь простое значеніе и столь рѣшающую роль. Не между двумя гипотезами—эмиссіонной гипотезой и гипотезой волнообразнаго распространенія свѣта—заставляетъ насъ выбирать опытъ Фуко, а между двумя группами теорій, изъ которыхъ каждая должна быть взята en bloc, въ цѣломъ, между двумя полными системами, между оптикой Ньютона и оптикой Гюйгенса.

Но примемъ на моментъ, что въ каждой изъ этихъ гипотезъ все вполнѣ послѣдовательно, все вытекаетъ съ логической необходимостью, за исключеніемъ одной только гипотезы. Допустимъ, слѣдовательно, что факты, осудивъ одну изъ двухъ системъ, осуждаютъ вмѣстѣ съ тѣмъ и единственное сомнительное допущеніе, которое она содержитъ. Слѣдуетъ ли отсюда, что можно найти въ

experimentum crucis неоспоримый методъ для превращенія одной изъ двухъ имѣющихся на лицо гипотезъ въ доказанную истину, какъ это бываетъ въ геометріи, когда, доведя до абсурда одно положеніе, получаютъ увѣренность въ полной правильности положенія противоположнаго? Рядомъ съ двумя теоремами геометріи, противорѣчащими другъ другу, нѣтъ мѣста третьему сужденію; если невѣрна одна изъ нихъ, то другая—истина, логически необходимая. Но бываетъ ли когда нибудь такая дилемма между двумя гипотезами физики? Осмѣлимся ли мы когда нибудь утверждать, что ни одна другая гипотеза не мыслима? Свѣтъ можетъ быть тучей частичекъ. Онъ можетъ быть и колебательнымъ движеніемъ, волны котораго распространяются въ упругой средѣ. Но развѣ онъ ничѣмъ другимъ болѣе быть не можетъ? Араго, безъ сомнѣнія, именно такъ и думалъ, когда онъ формулировалъ слѣдующую рѣшительную альтернативу: движется ли свѣтъ скорѣе въ водѣ, чѣмъ въ воздухѣ? «Свѣтъ есть тѣло. Имѣетъ ли мѣсто нѣчто противоположное? Свѣтъ есть волнообразное движеніе». Но намъ было бы трудно выразиться столь рѣшительнымъ образомъ. Дѣйствительно, Максвелль показалъ, что въ такой же мѣрѣ можно приписать свѣтъ періодическому электрическому нарушенію, распространяющемуся въ діэлектрической средѣ.

Итакъ, экспериментальное противорѣчіе не въ состояніи преобразовать физическую гипотезу въ неоспоримую истину, какъ методъ доведенія до абсурда, употребляемый въ геометріи. Чтобы получить здѣсь сходство, нужно было бы перечислить всѣ различныя гипотезы, которымъ можетъ дать мѣсто опредѣленная группа явленій. Поэтому, у физика никогда нѣтъ увѣренности въ томъ, что онъ исчерпалъ всѣ возможныя допущенія. Истинность физической теоріи не рѣшается по методу «орелъ или рѣшетка».

§ IV. — Критика метода Ньютона. — Первый примѣръ: механика неба.

Было бы иллюзіей надѣяться создать при помощи экспериментальнаго противорѣчія аргументацію, напоминающую методъ доведенія до абсурда, употребляемый въ геометріи. Но кромѣ этого метода существуютъ въ геометріи и другія еще средства добиться достовѣрности. Прямое доказательство, въ которомъ истина какого нибудь положенія заложена въ немъ самомъ, а не основана на

опроверженіи положенія противоположнаго, представляется въ ней наиболѣе совершеннымъ методомъ разсужденія. Можетъ быть, физическая теорія была бы болѣе счастлива въ своихъ попыткахъ подражать прямому доказательству? Исходныя гипотезы, изъ которыхъ она дѣлаетъ свои выводы, должны были бы тогда быть доказаны каждая въ отдѣльности. Ни одна изъ нихъ не должна была бы быть принята до тѣхъ поръ, покуда она не будетъ доказана со всей достовѣрностью, которую экспериментальный методъ можетъ обезпечить за положеніемъ абстрактнымъ и общимъ. Другими словами, каждая гипотеза должна была бы быть или закономъ, основаннымъ на наблюденіи и выведеннымъ исключительно съ помощью двухъ интелектуальныхъ операцій, носящихъ названія индукціи и обобщенія, или слѣдствіемъ, математически выведеннымъ изъ этихъ законовъ. Теорія, основанная на такихъ гипотезахъ, не содержала бы въ себѣ ничего сомнительнаго, ничего произвольнаго. Она заслуживала бы всего того довѣрія, котораго достойны средства, служащія для формулировки законовъ природы.

Вотъ именно такую физическую теорію превозноситъ Ньютонъ, когда онъ въ Scholium generale, которымъ онъ вѣнчаетъ свои «Принципы», самымъ рѣшительнымъ образомъ изгоняетъ изъ философіи природы всякую гипотезу, не выведенную индуктивно изъ опыта, когда онъ утверждаетъ, что въ здоровой физикѣ всякое положеніе должно быть выведено изъ явленій и обобщено индукціей.

Поэтому, идеальный методъ, который мы только что описали, вполнѣ заслуживаетъ названія метода Ньютона. Кромѣ того, развѣ Ньютонъ не слѣдовалъ ему, когда онъ обосновалъ систему всемірнаго тяготѣнія, присоединивъ такимъ образомъ къ своимъ правиламъ одинъ изъ великолѣпнѣйшихъ его примѣровъ? Развѣ его теорія тяготѣнія не выведена вполнѣ изъ законовъ, выведенныхъ Кеплеромъ на основаніи наблюденій,—законовъ, которые преобразовываются разсужденіемъ и послѣдствія которыхъ обобщаются индукціей?

Возьмемъ первый законъ Кеплера: «Радіусъ-векторъ, проведенный отъ солнца къ какой нибудь планетѣ, описываетъ поверхность, пропорціональную времени, въ теченіе котораго движеніе наблюдается». Изъ этого закона Ньютонъ на самомъ дѣлѣ сдѣлалъ тотъ выводъ, что каждая планета постоянно подвержена дѣйствію силы, направленной къ солнцу.

Второй законъ Кеплера гласитъ: «Путь каждой планеты есть эллипсъ, въ одномъ изъ фокусовъ котораго находится солнце». Отсюда Ньютонъ сдѣлалъ тотъ выводъ, что сила, дѣйствующая на опредѣленную планету, измѣняется съ разстояніемъ этой планеты отъ солнца и обратно пропорціональна квадрату этого разстоянія.

И, наконецъ, третій законъ Кеплера гласитъ: «Квадраты временъ оборота различныхъ планетъ пропорціональны кубамъ большихъ осей ихъ орбитъ». Отсюда Ньютонъ сдѣлалъ тотъ выводъ, что различныя планеты, помѣщенныя на равномъ разстояніи отъ солнца, испытывали бы со стороны его притяженія, пропорціональныя массамъ этихъ планетъ.

Законы, экспериментально доказанные Кеплеромъ и преобразованные при помощи математическихъ разсужденій, знакомятъ насъ со всѣми признаками дѣйствія солнца на планету. Индукціей Ньютонъ обобщаетъ полученный результатъ Онъ принимаетъ, что результатъ этотъ выражаетъ законъ, по которому любое количество матеріи дѣйствуетъ на любое другое количество. и онъ формулируетъ слѣдующій великій принципъ: «Два любыхъ тѣла взаимно притягиваются съ силой, пропорціональной произведенію изъ ихъ массъ и обратно пропорціональной квадрату разстоянія между ними». Принципъ всемірнаго тяготѣнія найденъ; Ньютонъ получилъ его, не воспользовавшись ни одной фиктивной гипотезой, однимъ только индуктивнымъ методомъ, планъ котораго имъ самимъ наброшенъ.

Разсмотримъ нѣсколько ближе это примѣненіе метода Ньютона. Подвергнемъ его нѣсколько болѣе строгому логическому анализу и посмотримъ, сохранитъ ли оно этотъ видъ строгости и простоты, который ему приписываетъ это слишкомъ суммарное изложеніе.

Чтобы обезпечить за этимъ разборомъ всю необходимую ясность, напомнимъ сначала слѣдующій принципъ, прекрасно знакомый всѣмъ, изучавшимъ механику: невозможно говорить о силѣ, дѣйствующей на какое-нибудь тѣло при данныхъ условіяхъ, не выбравъ раньше центра (предполагающагося неподвижнымъ), къ которому относятъ движенія тѣлъ; съ перемѣной этого центра измѣняется по направленію и величинѣ,—согласно правиламъ, точно установленнымъ въ механикѣ—и сила, съ которой дѣйствуютъ на наблюдаемое тѣло окружающія его другія тѣла.

Установивъ это, мы перейдемъ къ разсужденіямъ Ньютона.

Сначала Ньютонъ беретъ въ качествѣ такого неподвижнаго центра солнце. Онъ разсматриваетъ движенія различныхъ планетъ относительно этой предполагаемой неподвижной точки. Онъ допускаетъ, что движенія эти подчинены законамъ Кеплера и выводитъ отсюда слѣдующее положеніе: «Если солнце есть тотъ центръ, къ которому мы относимъ всѣ силы, то каждая планета находится подъ дѣйствіемъ силы, направленной къ солнцу, пропорціональной массѣ планеты и обратно пропорціональной квадрату ея разстоянія отъ солнца. Что же касается этого послѣдняго, то взятое въ качествѣ центра, къ которому мы отнесли движенія всѣхъ другихъ планетъ, оно не подвергается дѣйствію никакой силы».

Аналогичнымъ образомъ Ньютонъ изучаетъ движенія спутниковъ и для каждаго изъ нихъ онъ выбираетъ въ качествѣ неподвижнаго пункта его планету: Землю, когда дѣло идетъ о движеніи луны, Юпитера, когда дѣло идетъ о спутникахъ этого послѣдняго. Въ качествѣ правилъ этихъ движеній взяты законы, совершенно схожіе съ законами Кеплера. Въ результатѣ можно формулировать слѣдующее новое положеніе: «Если въ качествѣ неподвижнаго пункта берется планета, сопровождаемая спутникомъ, то послѣдній подверженъ дѣйствію силы, направленной къ этой планетѣ и обратно пропорціональной квадрату разстоянія его отъ планеты. Если одна планета имѣетъ нѣсколько спутниковъ, какъ, напримѣръ, въ случаѣ съ Юпитеромъ, то, находясь на одномъ и томъ же разстояніи отъ планеты, спутники эти подвержены дѣйствію силъ, пропорціональныхъ ихъ массамъ. Что касается самой планеты, то она не испытываетъ никакого дѣйствія со стороны спутника».

Таковы въ весьма точной формѣ положенія, которыя можно формулировать на основаніи законовъ Кеплера касательно движеній планетъ и распространяя эти законы на движенія спутниковъ этихъ планетъ. Вмѣсто этихъ положеній Ньютонъ выставляетъ другое положеніе, которое можетъ быть формулировано такимъ образомъ: «Два любыхъ небесныхъ тѣла оказываютъ другъ на друга притягательное дѣйствіе, направленное по прямой, соединяющей эти тѣла, пропорціональное произведенію изъ ихъ массъ и обратно пропорціональное квадрату разстоянія между ними; положеніе это предполагаетъ всѣ движенія и всѣ силы отнесенными къ одному и тому же пункту, принимаемому неподвижнымъ; этотъ идеальный пунктъ, принятый по соглашенію, вполнѣ понятенъ математику, но ни одно тѣло не обозначаетъ вполнѣ точнымъ и конкретнымъ образомъ его положенія на небѣ».

Представляетъ ли принципъ всемірнаго тяготѣнія простое обобщеніе этихъ двухъ положеній, выведенныхъ изъ законовъ Кеплера и распространенныхъ на движенія спутниковъ планетъ? Можно ли вывести этотъ принципъ изъ тѣхъ двухъ положеній индуктивно? Никоимъ образомъ. Дѣйствительно, онъ не только общѣе, чѣмъ эти два положенія, онъ не только отличенъ отъ нихъ: онъ прямо противорѣчитъ имъ. Принимая принципъ всемірнаго тяготѣнія, механикъ можетъ вычислять величину и направленіе силъ, дѣйствующихъ на различныя планеты и солнце, когда берутъ это послѣднее въ качествѣ центра, къ которому относятъ движенія планетъ. Сдѣлавъ это, онъ находитъ, что силы эти вовсе не таковы, какими онѣ должны были бы быть, согласно первому нашему положенію. Онъ можетъ опредѣлить величину и направленіе каждой изъ силъ, дѣйствующихъ на Юпитеръ и его спутниковъ, когда относятъ всѣ движенія ихъ къ планетѣ, принимаемой неподвижной, и онъ констатируетъ, что эти силы вовсе не таковы, какими онѣ должны были бы быть, согласно второму нашему положенію.

Слѣдовательно, принципъ всемірнаго тяготѣнія вовсе не можетъ быть выведенъ обобщеніемъ и индукціей изъ эмпирически установленныхъ законовъ, формулированныхъ Кеплеромъ, а онъ находится въ противорѣчіи съ этими законами. Если теорія Ньютона вѣрна, то законы Кеплера должны быть невѣрны.

Такимъ образомъ, принципъ всемірнаго тяготѣнія получаетъ непосредственную экспериментальную достовѣрность не отъ законовъ, выведенныхъ Кеплеромъ изъ наблюденія движеній небесныхъ тѣлъ. Напротивъ того, если принять абсолютную точность законовъ Кеплера, то необходимо отвергнуть положеніе, которое Ньютонъ положилъ въ основу своей механики неба. Физикъ, желающій доказать теорію всемірнаго тяготѣнія, вовсе не ссылается на законы Кеплера, а, напротивъ того, видитъ въ этихъ законахъ препятствіе, которое прежде всего должно быть удалено. Ему необходимо доказать, что его теорія, несовмѣстимая съ правильностью этихъ законовъ, подчиняетъ движенія планетъ и ихъ спутниковъ другимъ законамъ, настолько мало отличнымъ отъ первыхъ, что Тихо-де-Браге, Кеплеръ и ихъ современники не могли замѣтить различія между орбитами Кеплера и Ньютона. Вытекаетъ это доказательство изъ того обстоятельства, что масса солнца весьма велика въ сравненіи съ массами различныхъ пла-

нетъ и масса планеты весьма велика въ сравненіи съ массами ея спутниковъ.

Но если достовѣрность Ньютоновой теоріи не вытекаетъ изъ достовѣрности законовъ Кеплера, то какъ эта теорія докажетъ свою пригодность, свою пріемлемость. Она вычислитъ со всѣмъ приближеніемъ, которое только позволяютъ алгебраическіе методы, безпрерывно совершенствующіеся, возмущенія, отклоняющія въ каждый моментъ каждую изъ звѣздъ отъ пути, предписываемаго ей законами Кеплера. Затѣмъ она сравнитъ вычисленныя отклоненія съ отклоненіями, дѣйствительно наблюденными при помощи наиболѣе точныхъ инструментовъ и наилучшихъ методовъ. Такого рода сравненіе коснется не только той или другой части принципа Ньютона, а оно коснется всѣхъ его частей сразу и вмѣстѣ съ тѣмъ и всѣхъ принциповъ динамики. Кромѣ того она будетъ основываться на всѣхъ положеніяхъ оптики, статики газовъ, теоріи теплоты, на положеніяхъ, необходимыхъ для опредѣленія свойствъ телескоповъ, для конструкціи, регулированія и исправленія ихъ, для устраненія ошибокъ, обязанныхъ своимъ происхожденіемъ дневной и годовой аберраціи и атмосферической рефракціи. Здѣсь уже не приходится принимать одинъ за другимъ законы, установленные наблюденіемъ и индукціей, и обобщеніемъ возводить ихъ въ рангъ принциповъ, а приходится сравнивать послѣдствія, вытекающія изъ цѣлой группы гипотезъ, съ цѣлой группой фактовъ.

Какова же причина, приведшая къ крушенію метода Ньютона въ томъ именно случаѣ, для котораго онъ былъ придуманъ и который казался наиболѣе совершеннымъ его примѣненіемъ? Причина эта—двойственный характеръ, присущій всякому закону теоретической физики: такой законъ бываетъ всегда символическимъ и приблизительнымъ.

Законы Кеплера самымъ непосредственнымъ образомъ касаются, безъ сомнѣнія, объектовъ астрономическаго наблюденія; они такъ мало символичны, какъ только возможно. Но въ этой чисто экспериментальной формѣ они не могутъ привести къ принципу всемірнаго тяготѣнія. Чтобы сдѣлать ихъ настолько плодотворными, они должны быть преобразованы, они должны знакомить со свойствами тѣхъ силъ, съ которыми солнце притягиваетъ различныя планеты.

Но эта новая форма законовъ Кеплера есть форма символическая. Только одна динамика придаетъ опредѣленный смыслъ

словамъ «сила» и «масса», служащимъ для формулировки этихъ законовъ. Только одна динамика позволяетъ подставить новыя символическія формулы на мѣсто старыхъ формулъ реалистическихъ, замѣнить законы касательно путей планетъ выраженіями, въ которыхъ трактуется о силахъ и массахъ. Законность такой подстановки предполагаетъ полное довѣріе къ законамъ динамики.

Не будемъ утверждать для оправданія этого довѣрія, будто законы динамики были внѣ сомнѣнія въ тотъ моментъ, когда Ньютонъ воспользовался ими для перевода законовъ Кеплера на языкъ символовъ. Не будемъ утверждать, что они получили къ тому времени со стороны опыта подтвержденіе, достаточное, чтобы быть принятыми разумомъ. Въ дѣйствительности, они до этого времени поддавались доказательствамъ весьма спеціальнымъ и довольно грубымъ. Сами выраженія ихъ оставались довольно неясными и недостаточно развитыми. Только въ принципахъ Ньютона они получили первый разъ точную формулировку; только въ согласіи фактовъ съ механикой неба—согласіи, обоснованномъ въ трудахъ Ньютона, они нашли свои первыя неоспоримыя подтвержденія.

Такимъ образомъ, переводъ законовъ Кеплера въ разрядъ символическихъ законовъ, однихъ только и полезныхъ для теоріи, предполагаетъ согласіе физика съ цѣлой группой гипотезъ. Болѣе того. Такъ какъ законы Кеплера суть законы только приблизительные, то динамика позволяетъ перевести ихъ на языкъ символическихъ законовъ самымъ разнообразнымъ образомъ. Среди этихъ безчисленныхъ различныхъ формъ есть одна и только одна, согласующаяся съ принципомъ Ньютона. Наблюденія Тихо-де-Браге, столь удачно обобщенныя въ законы Кеплеромъ, позволяютъ теоретику выбрать эту форму, но они вовсе не навязываютъ ему ее, а они позволиля бы ему одинаковымъ образомъ выбрать безконечное множество другихъ формъ.

Теоретикъ, слѣдовательно, не можетъ сослаться въ оправданіе своего выбора на законы Кеплера. Если онъ хочетъ доказать, что выбранный имъ принципъ есть дѣйствительно принципъ естественной классификаціи движеній небесныхъ свѣтилъ, онъ долженъ показать, что наблюденныя отклоненія согласуются съ тѣми, которыя были вычислены заранѣе, онъ долженъ отъ пути Урана умозаключить къ существованію и положенію новой пла-

неты и въ намѣченномъ направленіи увидѣть въ своемъ телескопѣ планету Нептунъ.

§ V.—Критика метода Ньютона (продолженіе). Второй примѣръ: электродинамика.

Никто послѣ Ньютона не заявлялъ столь опредѣленно, какъ Амперъ, что всякая физическая теорія должна быть выведена изъ опыта одной индукціей. Ни одна научная работа не примыкаетъ столь тѣсно къ работѣ Ньютона Philosophiae Naturalis Principia mathematica, какъ книга Ампера «Théorie mathématique des phénomènes électrodynamics uniquement déduite de l'expérience».

«Эпоха, отмѣченная въ исторіи науки появленіемъ работъ Ньютона, есть не только эпоха, наиболѣе богатая открытіями, вскрывшими причины великихъ явленій природы, но это также эпоха, когда умъ человѣческій проложилъ себѣ новый путь въ наукахъ, имѣющихъ цѣлью изученіе этихъ явленій» Этими строками Амперъ начинаетъ изложеніе своей «Théorie mathematique». Далѣе онъ продолжаетъ:

«Ньютонъ далекъ былъ отъ того, чтобы думать», что законъ всемірнаго тяготѣнія «могъ бы быть открытъ на основаніи абстрактныхъ, болѣе или менѣе правдоподобныхъ разсужденій. Онъ установилъ, что законъ этотъ долженъ былъ быть выведенъ изъ наблюденныхъ фактовъ или скорѣе изъ тѣхъ эмпирическихъ законовъ, которые, подобно законамъ Кеплера, представляютъ собой нечто иное, какъ обобщенный результатъ большого числа фактовъ».

«Сначала наблюденіе фактовъ, измѣненіе, насколько только возможно, условій ихъ, сопровожденіе этой первой работы точными измѣреніями, чтобы вывести изъ нихъ общіе законы, основанные исключительно на опытѣ, и выводъ изъ этихъ законовъ, независимо отъ всякой гипотезы о природѣ силъ, вызывающихъ явленія, математическаго выраженія этихъ силъ, т. е. формулы, которая ихъ выражала бы,—вотъ путь, которымъ слѣдовалъ Ньютонъ. Этотъ методъ былъ одобренъ во Франціи учеными, которымъ физика обязана огромнымъ успѣхомъ своимъ за послѣдніе годы, и именно имъ руководился и я во всѣхъ моихъ изслѣдованіяхъ явленій электродинамическихъ. Я соображался исключительно съ данными опыта при построеніи законовъ этихъ явленій и я вы-

велъ отсюда ту формулу, которая одна можетъ выразить силы, ихъ вызывающія. Я не произвелъ ни одного изслѣдованія касательно самой причины этихъ силъ, вполнѣ убѣжденный въ томъ, что всякому изслѣдованію такого рода должно предшествовать чисто экспериментальное знаніе законовъ, какъ и исключительно на нихъ основанное опредѣленіе значенія элементарной силы».

Нѣтъ нужды въ критикѣ, ни весьма внимательной, ни весьма глубокой, чтобы замѣтить, что математическая теорія электродинамическихъ явленій вовсе не слѣдуетъ методу, предначертанному Амперомъ, что она вовсе не выведена исключительно изъ данныхъ опыта. Взятые въ сыромъ видѣ, какъ они даны природой, факты опыта не поддавались бы математическому изслѣдованію. Чтобы сдѣлать ихъ доступными такому изслѣдованію, они должны быть преобразованы, должны получить символическую формулу и этому преобразованію подвергаетъ ихъ Амперъ. Онъ не довольствуется тѣмъ, что сводитъ аппараты изъ металла, въ которыхъ течетъ токъ, къ простымъ геометрическимъ фигурамъ. Такого рода уподобленіе слишкомъ естественно напрашивается само собой, чтобы дать поводъ къ серьезному сомнѣнію. Онъ и тѣмъ не довольствуется, что онъ пользуется понятіемъ силы, заимствованнымъ изъ механики, и различными теоремами, входящими въ составъ этой науки. Въ эпоху, когда онъ писалъ, теоремы эти могли считаться внѣ спора. Кромѣ того онъ ссылается на цѣлый рядъ совершенно новыхъ, совершенно произвольныхъ гипотезъ, порой даже нѣсколько неожиданныхъ. Среди этихъ гипотезъ занимаетъ первое мѣсто та интеллектуальная операція, которой онъ разлагаетъ на безконечно малые элементы электрическій токъ, а, вѣдь, въ дѣйствительности этотъ послѣдній не можетъ быть раздѣленъ, не переставая существовать. Затѣмъ слѣдуетъ допущеніе, что дѣйствительныя электродинамическія дѣйствія могутъ быть разложены на дѣйствія фиктивныя, возбуждаемыя въ парахъ элементовъ, образующихъ электрическій токъ. Затѣмъ слѣдуетъ постулатъ, что взаимныя дѣйствія двухъ элементовъ могутъ быть сведены къ двумъ силамъ, приложеннымъ къ элементамъ, направленнымъ по прямой, соединяющей эти элементы, равнымъ между собой и прямо противоположнымъ. Наконецъ, другой постулатъ, что разстояніе между двумя элементами входитъ въ формулу, выражающую взаимодѣйствіе между ними, только въ знаменателѣ и въ опредѣленной степени.

Всѣ эти различныя допущенія столь мало очевидны, столь мало

принудительно необходимы, что нѣкоторыя изъ нихъ или подвергнуты критикѣ или отвергнуты послѣдователями Ампера. Другія гипотезы, столь же способныя перевести основные опыты электродинамики на языкъ символовъ, были предложены другими физиками. Но ни одному изъ нихъ не удалось дать этотъ переводъ, не прибѣгая къ какому нибудь новому постулату, да и было бы абсурдно на это претендовать.

Эта необходимость для физика дать экспериментально установленнымъ фактамъ символическое выраженіе, прежде чѣмъ ввести ихъ въ свои теоретическія разсужденія, дѣлаетъ совершенно непригоднымъ чисто индуктивный путь, предуказанный ему Амперомъ. Путь этотъ заказанъ ему еще и потому, что всякій законъ, основанный на наблюденіи, не есть законъ точный, а только приблизительный.

Степень приближенія въ опытахъ Ампера есть одна изъ наиболѣе грубыхъ. Онъ даетъ наблюденнымъ фактамъ символическое выраженіе, благопріятное для развитія его теоріи. Но какъ легко было бы ему воспользоваться этой недостаточной точностью наблюденій, чтобы дать имъ совершенное другое символическое выраженіе! Послушаемъ Вильгельма Вебера [1]).

«Въ заглавіи своего сочиненія Амперъ самымъ недвусмысленнымъ образомъ указалъ на то, что его математическая теорія электро-динамическихъ явленій выведена исключительно изъ опыта. И дѣйствительно, въ самой работѣ мы находимъ детальное изложеніе его метода, столь же простого, сколь геніальнаго, который привелъ его къ его цѣли. Мы находимъ здѣсь описаніе— со всей желательной полнотой и точностью—его опытовъ, выводовъ, которые онъ отсюда дѣлаетъ для своей теоріи, какъ и описаніе инструментовъ, которыми онъ пользовался. Но когда дѣло идетъ объ основныхъ опытахъ, такихъ, о которыхъ идетъ здѣсь рѣчь, недостаточно указать на общій смыслъ эксперимента, описать инструменты, послужившіе для производства его, и затѣмъ сказать въ общихъ выраженіяхъ, что онъ далъ ожидаемый результатъ. Здѣсь необходимо вдаваться въ детали самого эксперимента, указать, сколько разъ онъ былъ повторенъ, какъ видоизмѣнялись условія его и каковъ былъ результатъ этихъ видоизмѣненій. Однимъ словомъ, здѣсь необходимо дать протокольное описаніе всѣхъ условій опыта, на основаніи котораго читатель могъ бы составить себѣ

---

[1]) Wilhelm Weber: Electrodynamische Maassbestimmungen, Leipzig, 1846.

сужденіе о степени надежности и достовѣрности полученнаго результата. Амперъ не сообщаетъ намъ этихъ точныхъ деталей о своихъ опытахъ и доказательство основного закона электродинамики ждетъ еще и по сю пору этого необходимаго дополненія. Фактъ взаимнаго притяженія двухъ проводящихъ проволокъ былъ подтвержденъ много разъ и находится внѣ спора. Но эти подтвержденія всегда получались при условіяхъ и со средствами, при которыхъ о количественномъ измѣреніи не могло быть и рѣчи, а между тѣмъ необходимо, чтобы эти измѣренія достигли когда-нибудь степени точности, необходимой, чтобы считать законъ этихъ явленій доказаннымъ».

«Амперъ неоднократно выводилъ изъ отсутствія всякаго электродинамическаго дѣйствія тѣ же послѣдствія, которыя вытекали бы изъ измѣренія съ результатомъ, равнымъ нулю. Съ помощью этого искусственнаго средства, онъ съ большей проницательностью и еще большей ловкостью собралъ данныя, необходимыя для обоснованія и доказательства своей теоріи. Но эти отрицательные опыты, которыми необходимо было удовольствоваться за отсутствіемъ положительныхъ прямыхъ измѣреній», — эти опыты, гдѣ всѣ пассивныя сопротивленія, всѣ виды тренія, всѣ источники ошибокъ какъ бы точно направлены къ тому, чтобы вызвать результатъ, ожидаемый наблюдателемъ, — «не могутъ имѣть всего значенія, всей доказательной силы этихъ положительныхъ измѣреній, тѣмъ болѣе, что они не получены средствами и въ условіяхъ дѣйствительныхъ измѣреній, что, впрочемъ, и невозможно было сдѣлать съ инструментами, которыми пользовался Амперъ.

Въ виду столь неточныхъ опытовъ, физику приходится выбирать изъ множества символическихъ формъ, равно возможныхъ. Здѣсь никакой выборъ не можетъ внушать увѣренности въ правильности его. Только интуиція, угадывающая форму подлежащей обоснованію теоріи, направляетъ выборъ. Эта роль интуиціи пріобрѣтаетъ особо важное значеніе именно въ работѣ Ампера. Достаточно бѣгло прочитать сочиненія этого великаго математика, чтобы замѣтить, что его основная формула электродинамики есть плодъ исключительно какого-то предвидѣнія, что опыты, на которые онъ ссылается, были придуманы впослѣдствіи и скомбинированы такъ, чтобы *было возможно изложить* въ согласіи съ методомъ Ньютона теорію, основанную въ дѣйствительности на цѣломъ рядѣ постулатовъ.

Амперъ, впрочемъ, былъ слишкомъ искрененъ для того, чтобы

сознательно скрывать, что было искусственнаго въ его изложеніи, всецѣло выведенномъ изъ данныхъ опыта. Въ концѣ его книги Théorie mathematique des phénomènes électrodynamiques мы читаемъ слѣдующія строки: «Заканчивая настоящую работу, я считаю необходимымъ отмѣтить, что за недостаткомъ времени мнѣ не удалось еще сконструировать инструменты, изображенные на фиг. 4 перваго листа и на фиг. 20 второго листа. По этой причинѣ не были произведены еще и опыты, для которыхъ они предназначались». Но первый изъ этихъ двухъ аппаратовъ, о которыхъ идетъ здѣсь рѣчь, долженъ былъ служить для осуществленія послѣдняго изъ четырехъ основныхъ случаевъ равновѣсія, служащихъ какъ бы колоннами, на которыхъ покоится зданіе, построенное Амперомъ. Въ опытѣ, для котораго предназначался этотъ аппаратъ, должна была быть опредѣлена степень разстоянія, на которомъ происходятъ электродинамическія дѣйствія. Такимъ образомъ электродинамическая теорія Ампера далеко не выведена всецѣло изъ опыта, а этотъ послѣдній игралъ весьма слабую роль въ ея образованіи. Онъ сослужилъ только роль толчка, пробудившаго интуицію геніальнаго физика, и эта послѣдняя сдѣлала остальное.

Въ изслѣдованіяхъ Вильгельма Вебера эта совершенно интуитивная теорія Ампера была въ первый разъ всесторонне сопоставлена съ фактами. Но это сопоставленіе не могло быть осуществлено методомъ Ньютона. Изъ теоріи Ампера, взятой въ цѣломъ, Веберъ вывелъ нѣкоторыя слѣдствія, доступныя вычисленіямъ. Теоремы статики и динамики, вмѣстѣ съ нѣкоторыми даже положеніями оптики, позволили ему придумать аппаратъ, электродинамометръ, при помощи котораго эти слѣдствія могли быть подвержены точнымъ измѣреніямъ. Согласіе результатовъ вычисленій съ результатами измѣреній подтверждаетъ, поэтому, не то или другое отдѣльное положеніе изъ теоріи Ампера, а всю совокупность электродинамическихъ, механическихъ и оптическихъ гипотезъ, на основаніи которыхъ можно истолковать тотъ или другой опытъ Вебера.

Такимъ образомъ тамъ, гдѣ потерпѣлъ крушеніе Ньютонъ, потерпѣлъ еще большее крушеніе Амперъ. Есть два камня преткновенія, дѣлающіе чисто индуктивный путь для физика невозможнымъ. Во-первыхъ, никакой экспериментально установленный законъ не можетъ послужить на пользу теоретику прежде, чѣмъ онъ подвергнетъ его истолкованію, которое преобразуетъ этотъ законъ въ законъ символическій. Истолкованіе же это предполагаетъ признаніе

цѣлой группы теорій. Во-вторыхъ, ни одинъ экспериментально установленный законъ не есть законъ точный, а только приблизительный, и потому онъ поддается преобразованію въ законъ символическій самымъ разнообразнымъ образомъ. И среди всѣхъ этихъ преобразованій физикъ долженъ выбрать то, которое принесетъ теоріи плодотворную гипотезу, при чемъ опытъ никоимъ образомъ не будетъ руководить его выборомъ.

Эта критика метода Ньютона приводитъ насъ къ заключеніямъ, къ которымъ привела насъ уже критика экспериментальнаго противорѣчія и experimentum crucis. Заключенія эти вполнѣ заслуживаютъ самой точной формулировки. Они гласятъ:

Пытаться отдѣлить каждую гипотезу въ теоретической физикѣ отъ другихъ допущеній, на которыхъ покоится эта наука, чтобы подвергнуть ее контролю наблюденія отдѣльно, значитъ увлекаться химерой: осуществленіе и истолкованіе любого эксперимента физики предполагаетъ признаніе цѣлой группы теоретическихъ положеній.

Единственная экспериментальная провѣрка физической теоріи, которую нельзя назвать нелогичной, заключается въ сравненіи цѣлой системы физической теоріи съ цѣльной группой экспериментальныхъ законовъ съ цѣлью провѣрить, выражаетъ ли первая достаточно удовлетворительнымъ образомъ вторую.

§ VI.—Выводы касательно преподаванія физики.

Въ противоположность тому, что мы старались доказать на предыдущихъ страницахъ, принято обыкновенно думать, что каждая гипотеза въ физикѣ можетъ быть выдѣлена изъ цѣлаго и въ отдѣльномъ видѣ подвергнута контролю опыта. Изъ этого принципа, въ основѣ своей невѣрнаго, естественно дѣлаютъ неправильные выводы и касательно метода преподаванія физики. Хотятъ, чтобы учитель привелъ всѣ гипотезы физики въ опредѣленный порядокъ, затѣмъ, чтобы онъ взялъ первую, далъ ей опредѣленную формулировку, описалъ бы эксперименты, подтверждающіе ее, и, когда эти подтвержденія будутъ признаны достаточными, чтобы онъ объявилъ гипотезу принятой. Болѣе того, хотятъ, чтобы онъ формулировалъ эту первую гипотезу индуктивнымъ обобщеніемъ чисто экспери-

ментальнаго закона. Ту же операцію онъ долженъ продѣлать надъ второй, надъ третьей, и т. д. гипотезой, пока не будутъ исчерпаны всѣ гипотезы физики. Физика преподавалась бы тогда такъ, какъ преподается геометрія: гипотезы слѣдовали бы другъ за другомъ, какъ слѣдуютъ въ геометріи теоремы; вмѣсто доказательства каждаго положенія въ геометріи мы здѣсь имѣли бы экспериментальное доказательство каждаго положенія; не утверждалось бы ничего, что не было бы выведено изъ фактовъ или не подтверждалось бы сейчасъ же фактами.

Таковъ идеалъ, который ставитъ себѣ множество учителей, который многіе, можетъ быть, считаютъ уже достигнутымъ. Нѣтъ недостатка въ авторитетныхъ голосахъ, призывающихъ ихъ стремиться къ этому идеалу. «Важно, говоритъ Пуанкарэ, не увеличивать безъ мѣры число гипотезъ, а выставлять ихъ одну за другой. Если мы построимъ теорію, основанную на многочисленныхъ гипотезахъ, и опытъ ее осудитъ, то какъ мы будемъ знать, какая изъ нашихъ предпосылокъ должна быть измѣнена? Мы не сможемъ этого знать. И наоборотъ, если опытъ подтвердитъ ее, будетъ ли у насъ увѣренность въ томъ, что всѣ гипотезы вѣрны? Повѣримъ ли мы тому, что можно однимъ уравненіемъ опредѣлить нѣсколько неизвѣстныхъ?»

Въ частности относительно чисто индуктивнаго метода, законы котораго были формулированы Ньютономъ, многіе физики утверждаютъ, что это единственный методъ, позволяющій дать раціональное изложеніе науки о природѣ. «Наука, которую мы излагаемъ, говоритъ Густавъ Робенъ [1]), представляютъ собой ничто иное, какъ комбинація простыхъ, данныхъ опытомъ, индукцій. Что касается этихъ послѣднихъ, то мы всегда будемъ формулировать ихъ въ выраженіяхъ, которыя легко запомнить, поддающихся непосредственному подтвержденію, никогда не забывая, что гипотеза не можетъ быть подтверждена послѣдствіями, изъ нея вытекающими». Именно этотъ методъ Ньютона рекомендуется, если не предписывается учителямъ, излагающимъ физику въ средней школѣ. «Методы преподаванія математической физики въ средней школѣ, говорятъ имъ [1]), не свободны отъ недостатковъ. Здѣсь исходятъ обыкновенно изъ гипотезъ или опредѣленій, выставленныхъ a priori, и отсюда дѣлаются выводы, которые должны быть провѣрены на опытѣ. Этотъ

[1]) G. Robin: Oeuvres scientifiques. Thermodynamiqne gènèrale. Introduction.
[2]) Note sur une conférence de M. Joubert.

методъ можетъ быть умѣстенъ при преподаваніи математики, но неправильно примѣнять его въ элементарныхъ курсахъ механики, гидростатики и оптики. Замѣнимъ его методомъ индуктивнымъ».

Приведенныхъ разсужденій болѣе чѣмъ достаточно, чтобы вывести изъ нихъ слѣдующую истину: индуктивный методъ, употребленіе котораго рекомендуется физику, послѣдній столь же примѣнять не можетъ, какъ не можетъ примѣнять математикъ и тотъ совершенный дедуктивный методъ, который желаетъ все опредѣлять и все доказывать, методъ, къ изученію котораго столь пристрастились, повидимому, нѣкоторые математики, несмотря на то, что Паскаль давно уже подвергъ его строгой, но справедливой критикѣ. Отсюда ясно, что, если люди желаютъ развить принципы физики, руководствуясь этимъ методомъ, то изложеніе ихъ не можетъ не грѣшить въ нѣкоторыхъ пунктахъ.

Среди недостатковъ этого изложенія наиболѣе частымъ и въ то же время наиболѣе важнымъ вслѣдствіе ложныхъ идей, которыя онъ внушаетъ ученикамъ, является *фиктивный экспериментъ*. Вынужденный сослаться на принципъ, въ дѣйствительности не выведенный изъ фактовъ, не представляющій вовсе результата индукціи, и не желая вмѣстѣ съ тѣмъ выдавать этотъ принципъ за то, что онъ есть, т. е. за постулатъ, физикъ придумываетъ экспериментъ, который могъ бы привести къ требуемому принципу, если бы его удалось продѣлать и онъ удался бы.

Ссылаться на такой фиктивный экспериментъ значитъ вмѣсто опыта произведеннаго подставить опытъ, который только долженъ быть произведенъ, значитъ подтверждать принципъ не съ помощью наблюденныхъ фактовъ, а при помощи такихъ фактовъ, осуществленіе которыхъ только предсказывается. И предсказаніе это не имѣетъ подъ собой никакого другого основанія, кромѣ вѣры въ принципъ, для обоснованія котораго ссылаются на этотъ самый экспериментъ. Такой методъ доказательства приводитъ къ порочному кругу, и человѣкъ, пользующійся имъ, не оговариваясь, что приводимый опытъ не былъ еще произведенъ, поступаетъ не корректно.

Случается и такъ, что описанный фиктивный экспериментъ даетъ при попыткѣ осуществленія его результатъ не совсѣмъ точный. Неопредѣленные и грубые результаты, которые онъ даетъ, могутъ быть, безъ сомнѣнія, приведены въ согласіе съ положеніемъ, которое физикъ хочетъ подтвердить. Но въ такой же мѣрѣ они могутъ быть приведены въ согласіе и съ нѣкоторыми другими

положеніями, весьма и весьма отъ него отличными. Доказательная сила такого эксперимента была бы въ такомъ случаѣ весьма слаба и нуждалась бы въ провѣркѣ. Блестящій примѣръ такого фактивнаго эксперимента представляетъ экспериментъ, придуманный Амперомъ для доказательства, что электродинамическія дѣйствія обратно пропорціональны квадрату разстоянія, но не осуществленный имъ.

Но бываетъ и хуже. Часто случается и такъ, что фиктивный экспериментъ, на который ссылаются, не только не осуществленъ, но и не осуществимъ. Онъ предполагаетъ существованіе тѣла, которое въ природѣ не встрѣчается, существованіе физическихъ свойствъ, которыя никогда не наблюдались. Такъ Густавъ Робенъ [1]) чтобы имѣть возможность дать принципамъ химической механики желательное ему чисто индуктивное описаніе, придумалъ подъ названіемъ тѣлъ—свидѣтелей (corps temoins) такія тѣла, которыя однимъ своимъ присутствіемъ способны дать толчекъ химической реакціи или остановить ее, но подобныхъ тѣлъ не удалось наблюдать ни одному физику.

Неосуществленный экспериментъ, экспериментъ, который не можетъ быть осуществленъ съ полной точностью, абсолютно неосуществимый экспериментъ—всѣ эти виды далеко еще не исчерпываютъ всѣхъ различныхъ формъ, которыя принимаютъ фиктивный экспериментъ въ сочиненіяхъ физиковъ, желающихъ слѣдовать исключительно индуктивному методу. Намъ остается отмѣтить еще одну форму, наиболѣе нелогичную изъ всѣхъ,—абсурдный экспериментъ. Этотъ экспериментъ долженъ доказать положеніе, которое было бы противорѣчіемъ разсматривать, какъ выраженіе факта опыта.

И самымъ глубокомысленнымъ физикамъ не всегда удавалось оградить свое изложеніе отъ этого абсурднаго эксперимента. Приведемъ, напримѣръ, слѣдующія строки, заимствованныя у Бертрана [2]): «Если принять, какъ экспериментальный фактъ, что электричество находится на поверхности тѣлъ, и, какъ необходимый принципъ, что дѣйствіе свободнаго электричества на точки массъ проводниковъ должно быть равно нулю, то изъ этихъ двухъ условій, если они выполнены въ точности, можно сдѣлать тотъ выводъ, что

---

[1]) Gustave Robin: Oeuvres scientifiques. Thermodynamique génèrale, стр. 11. Paris. 1901.

[2]) J. Bertrand: Leçons sur la Théorie mathématique de l'Électricité, стр. 71. Paris, 1890.

электрическія дѣйствія притяженія и отталкиванія обратно пропорціональны квадрату разстоянія».

Возьмемъ слѣдующее положеніе: «Въ случаѣ электрическаго равновѣсія внутри проводника нѣтъ электричества». Можно ли разсматривать это положеніе, какъ выраженіе факта опыта? Взвѣсимъ точно смыслъ его словъ и въ частности смыслъ слова «внутри». Если взять смыслъ, въ который слѣдуетъ понимать это слово въ этомъ положеніи, то точка внутри наэлектризованнаго куска мѣди есть точка, находящаяся внутри массы мѣди. Какимъ же образомъ можно констатировать, есть ли въ этой точкѣ электричество или нѣтъ? Чтобы узнать это, слѣдовало бы помѣстить тамъ испытуемое тѣло, для чего пришлось бы вынуть оттуда мѣдь, которая тамъ находится. Но тогда наша точка не находилась бы внутри массы мѣди, а она была бы внѣ этой массы. Отсюда ясно, что невозможно разсматривать наше положеніе, какъ результатъ наблюденія, не впадая въ логическое противорѣчіе.

Какое же значеніе имѣютъ опыты, которыми хотятъ доказать это положеніе? Совсѣмъ другое, безъ сомнѣнія, чѣмъ то, что имъ приписывается. Дѣлаютъ въ проводящей массѣ полость и констатируютъ, что стѣнки этой полости не наэлектризованы. Это наблюденіе не доказываетъ ничего относительно отсутствія или присутствія электричества въ точкахъ, находящихся въ нѣдрахъ массы проводника. Чтобы перейти отъ закона, экспериментально установленнаго, къ возвѣщенному закону, играютъ словомъ «внутри». Изъ страха, какъ бы не обосновать электростатику на постулатѣ, ее обосновываютъ на игрѣ словъ.

Стоитъ перелистать статьи и учебники по физикѣ, чтобы открыть въ нихъ массу фиктивныхъ экспериментовъ. Мы здѣсь найдемъ кучу примѣровъ всѣхъ различныхъ формъ, которыя можетъ принимать такой экспериментъ отъ эксперимента просто неосуществленнаго до эксперимента абсурднаго. Не будемъ, однако, останавливаться на этой скучной работѣ. И сказаннаго достаточно, чтобы придти къ слѣдующему выводу: преподаваніе физики по чисто индуктивному методу, какъ его формулировалъ Ньютонъ, есть химера. Тотъ, кто претендуетъ достичь этой химеры, обманываетъ себя и своихъ учениковъ. Онъ выдаетъ имъ за видѣнные факты—факты только предвидѣнные, за точныя наблюденія—грубыя опредѣленія, за осуществимые процессы—опыты чисто идеальные, за экспериментальные законы—положенія, которыя не могутъ быть приняты за выраженія реально существующаго, не приходя въ противорѣчіе

съ логикой. Физика, которую онъ имъ излагаетъ, есть физика ложная и фальсифицированная. Пусть, поэтому, учитель физики откажется отъ этого идеальнаго индуктивнаго метода. Пусть отброситъ онъ этотъ взглядъ на преподаванiе экспериментальной науки, искажающiй ея существенный характеръ. Если истолкованiе мельчайшаго физическаго эксперимента предполагаетъ примѣненiе цѣлой группы теорiй, если для описанiя даже эксперимента требуется множество абстрактныхъ символическихъ выраженiй, смыслъ которыхъ и связь съ фактами устанавливаются только теорiями, то прежде чѣмъ попытаться сдѣлать мельчайшее сравненiе между теоретическимъ зданiемъ и конкретной реальностью, физику необходимо развить длинный рядъ гипотезъ и дедукцiй. Описывая эксперименты, подтверждающiе теорiи, уже развитыя, ему часто необходимо будетъ забѣгать впередъ и ссылаться на теорiи, къ которымъ онъ только долженъ придти. Такъ, онъ не будетъ, напримѣръ, въ состоянiи привести мельчайшаго экспериментальнаго подтвержденiя принциповъ механики, прежде чѣмъ будутъ развиты во всей своей связи положенiя общей механики и не будутъ намѣчены основы механики неба. Кромѣ того, излагая наблюденiя, подтверждающiя эту группу теорiй, онъ долженъ будетъ предполагать извѣстными законы оптики, которые одни только оправдываютъ то или другое употребленiе астрономическихъ инструментовъ.

Учитель долженъ, поэтому, прежде всего развить существенныя теорiи науки. Излагая гипотезы, на которыхъ покоются эти теорiи, онъ долженъ, безъ сомнѣнiя, подготовить принятiе ихъ. Хорошо будетъ, если онъ будетъ ссылаться на данныя повседневнаго опыта, на факты, полученные повседневнымъ наблюденiемъ, на опыты простые, или мало еще анализированные, которые привели къ формулировкѣ этихъ гипотезъ. Къ этому пункту, впрочемъ, намъ придется вернуться еще въ слѣдующей главѣ. Но необходимо ясно и опредѣленно указать на то, что факты эти, достаточные для того, чтобы внушить эти гипотезы, недостаточны еще, чтобы подтвердить ихъ. Только построивъ огромное зданiе своей доктрины, только создавъ полную теорiю, физикъ можетъ заняться сравненiемъ данныхъ опыта съ послѣдствiями, вытекающими изъ этой теорiи.

Преподаванiе должно укрѣпить ученика въ слѣдующей основной истинѣ: экспериментальныя подтвержденiя представляютъ собой не основу теорiи, а ея вѣнецъ. Развитiе физики идетъ не тѣмъ путемъ, которымъ идетъ развитiе геометрiи: послѣдняя развивается, присоединяя къ доказаннымъ уже теоремамъ новыя теоремы, разъ

на всегда доказанныя; первая же есть символическая картина, размѣры и цѣльность которой все болѣе и болѣе возрастаютъ съ постоянными ретушевками картины. Физическая теорія, взятая въ цѣломъ, даетъ картину все болѣе и болѣе схожую съ совокупностью экспериментально установленныхъ фактовъ, между тѣмъ какъ каждая деталь этой картины, отрѣзанная и изолированная отъ цѣлаго, теряетъ всякое значеніе и не изображаетъ ничего.

Ученику, не усвоившему этой истины, физика будетъ представляться, какъ чудовищное нагроможденіе однихъ принциповъ, нуждающихся въ доказательствѣ, на другихъ и однихъ порочныхъ круговъ на другихъ. Если онъ обладаетъ строго логическимъ мышленіемъ, онъ съ отвращеніемъ отвернется отъ этихъ постоянныхъ конфликтовъ съ логикой. Если же онъ не способенъ къ строго логическому мышленію, онъ будетъ наизусть заучивать эти слова съ неточнымъ смысломъ, эти описанія опытовъ, неосуществленныхъ и неосуществимыхъ, эти разсужденія, представляющія лишь игру словъ, теряя въ этой неразумной работѣ памяти то немногое изъ здраваго смысла и критическаго мышленія, которымъ онъ обладалъ.

Ученикъ же, ясно понявшій изложенныя здѣсь мысли, не только усвоитъ извѣстную группу положеній физики, а онъ пойметъ также, какова природа и каковъ истинный методъ экспериментальной науки [1]).

§ VII.—Выводы касательно математическаго развитія физической теоріи.

Въ предыдущихъ нашихъ разсужденіяхъ все яснѣе и точнѣе вырисовывалась передъ нами точная природа физической теоріи, какъ и связей, которыя соединяютъ ее съ опытомъ.

Математическіе символы, служащіе для представленія различныхъ количествъ и различныхъ качествъ физическаго міра, съ одной стороны и съ другой стороны общіе постулаты, служащіе въ качествѣ принциповъ—вотъ тѣ матеріалы, изъ которыхъ строится эта теорія. Изъ этихъ матеріаловъ она должна построить логиче-

---

[1]) Намъ, навѣрное, возразятъ, что такъ преподавать физику для молодыхъ умовъ—дѣло трудное. Но отвѣтъ на это весьма простъ: не излагайте физики умамъ, не способнымъ еще воспринять ее. Госпожа де-Савиньи, когда зашла рѣчь о маленькихъ дѣтяхъ, замѣтила: «Прежде чѣмъ дать имъ мужицкую пищу, необходимо убѣдиться въ томъ, что у нихъ мужичьи желудки».

ское зданіе. Вотъ почему, набрасывая планъ этого зданія, она должна строго соблюдать законы, предписываемые логикой каждому дедуктивному умозаключенію, какъ и правила, которыя предписываются алгеброй каждой математической операціи.

Математическіе символы, которыми пользуется теорія, имѣютъ опредѣленный смыслъ только при вполнѣ опредѣленныхъ условіяхъ. Опредѣлить эти символы значитъ перечислить эти условія. Внѣ этихъ условій теорія должна отказаться отъ пользованія этими знаками. Такъ, согласно опредѣленію, абсолютная температура можетъ быть только положительной, масса тѣлъ неизмѣнна. Ни когда теорія не припишетъ въ своихъ формулахъ абсолютной температурѣ значеніе нулевое или отрицательное; никогда она не позволитъ себѣ въ своихъ вычисленіяхъ измѣнить массу опредѣленнаго тѣла.

Въ качествѣ принциповъ теорія имѣетъ постулаты, т. е. положенія, которыя она можетъ формулировать, какъ ей угодно, при условіи, чтобы не было противорѣчій ни между выраженіями одного и того же постулата, ни между двумя различными постулатами. Но разъ постулаты выставлены, она должна соблюдать ихъ съ чрезвычайной строгостью. Разъ она положила въ основу своей системы принципъ сохраненія энергіи, напримѣръ, она должна запретить всякое утвержденіе, противорѣчащее этому принципу.

Подъ давленіемъ вотъ этихъ-то правилъ строится физическая теорія. Достаточно одного только упущенія, чтобъ система стала нелогичной и чтобы мы обязаны были отвергнуть ее и построить другую. Въ процессѣ своего развитія физическая теорія свободна выбрать какой ей угодно путь при условіи, чтобы она избѣгала только логическаго противорѣчія; въ частности она свободна совершенно не считаться съ фактами опыта.

Другое дѣло, когда теорія достигла полнаго своего развитія. Разъ только логическое зданіе закончено, становится необходимымъ сравнить группу математическихъ положеній, полученныхъ, какъ заключенія изъ этихъ длинныхъ дедукцій, съ группой фактовъ опыта. При посредствѣ одобренныхъ методовъ измѣренія необходимо убѣдиться въ томъ, что вторая группа находитъ въ первой достаточно сходное изображеніе, достаточно точный и полный символъ. Если это согласіе между заключеніями теоріи и фактами опыта не обнаруживается съ достаточнымъ приближеніемъ, то теорія можетъ быть вполнѣ логически построенной, она тѣмъ

не менѣе должна быть отвергнута, потому что она противорѣчитъ наблюденію, потому что она физически ложна.

Такимъ образомъ, сравненіе между заключеніями теоріи и экспериментально установленными истинами — дѣло неизбѣжное, потому что только очная ставка съ фактами можетъ придать теоріи цѣнность физической теоріи. Но эта очная ставка съ фактами должна быть предоставлена исключительно заключеніямъ теоріи, ибо только они разсматриваются, какъ изображеніе реальной дѣйствительности. Постулаты же, служащіе исходной точкой для теоріи, промежуточныя звенья, ведущія отъ постулатовъ къ заключеніямъ, этой провѣркѣ со стороны фактовъ подвержены быть не могутъ.

На предыдущихъ страницахъ мы подвергли весьма полному анализу ошибку тѣхъ, которые желаютъ подвергнуть одинъ изъ основныхъ постулатовъ физики непосредственному доказательству фактовъ при помощи, такъ называемаго, experimentum crucis, и въ особенности ошибку тѣхъ, которые принимаютъ въ качествѣ принциповъ только «индукціи, заключающіяся исключительно въ возведеніи въ общіе законы не истолкованіе, а самый результатъ весьма большого числа опытовъ» [1])

Перейдемъ теперь къ другой ошибкѣ, близко родственной первой. Заключается она въ требованіи, чтобы всѣ математическія операціи, произведенныя во время дедукцій, связывающихъ постулаты съ заключеніями, имѣли физическій смыслъ. Она заключается въ желаніи «разсуждать только объ операціяхъ осуществимыхъ» [2]), въ желаніи «вводить только величины, доступныя опыту».

Согласно этому требованію, всякая величина, введенная физикомъ въ свои формулы, должна быть связана при посредствѣ процесса измѣренія съ какимъ нибудь свойствомъ тѣла, всякая алгебраическая операція, произведенная надъ этими величинами, должна быть переводима при помощи этихъ процессовъ измѣренія на конкретный языкъ; будучи же такъ переведена, она должна выражать какой нибудь фактъ, реальный или возможный.

Подобнаго рода требованіе—законное, когда идетъ рѣчь о формулахъ конечныхъ, представляющихъ завершеніе теоріи,—не имѣетъ никакого смысла въ отношеніи формулъ и операцій, черезъ по-

---

[1]) Gustave Robin: Oeuvres scientifiques. Thermodynamique génerale. Introduction, стр. XIV.

[2]) G. Robin, loc. cit.

средство которыхъ совершается переходъ отъ постулатовъ къ заключеніямъ.

Возьмемъ примѣръ:

Дж. Гиббсъ подвергъ теоретическому изученію диссоціацію сложнаго газа на его элементы, разсматриваемые, какъ совершенные газы. Была получена формула, выражающая химическое равновѣсіе внутри подобной системы. Разберемъ эту формулу. Оставивъ давленіе, подъ которымъ находится смѣсь газовъ, безъ измѣненія, будемъ разсматривать абсолютную температуру, входящую въ формулу, и будемъ измѣнять ее отъ 0 до $+\infty$.

Если мы захотимъ приписать этой математической операціи какой нибудь физическій смыслъ, передъ нами встанетъ рядъ препятствій и трудностей. Нѣтъ ни одного термометра, который не знакомилъ бы насъ съ низкой температурой до опредѣленнаго только предѣла, ниже котораго онъ констратировать температуру уже не можетъ. Нѣтъ также ни одного термометра, который знакомилъ бы насъ съ температурой выше опредѣленнаго предѣла. Такимъ образомъ символъ этотъ, который мы называемъ абсолютной температурой, тѣми процессами измѣренія, которыми мы владѣемъ, можетъ быть переведенъ на языкъ, имѣющій конкретный смыслъ, только при томъ условіи, чтобы численная величина его оставалась сжатой между опредѣленнымъ минимумомъ и опредѣленнымъ максимумомъ. Кромѣ того и другой символъ, носящій въ термодинамикѣ названіе совершеннаго газа, при достаточно низкихъ температурахъ перестаетъ быть даже приблизительнымъ изображеніемъ какого нибудь реальнаго газа.

Всѣ эти трудности, какъ и множество другихъ, которыя было бы слишкомъ долго перечислять, исчезаютъ, когда принимаются во вниманіе замѣчанія, изложенныя нами выше. При конструкціи теоріи обсужденіе ея, о которомъ мы говорили, носитъ лишь вспомогательный характеръ и потому не основательно искать въ немъ какой нибудь физическій смыслъ. Только когда это обсужденіе привело насъ къ ряду основныхъ положеній, мы должны эти послѣднія сопоставить съ фактами опыта. Тогда мы можемъ провѣрить—въ предѣлахъ, въ которыхъ абсолютная температура можетъ быть переведена на языкъ конкретныхъ показаній термометра или въ которыхъ идея совершеннаго газа почти находитъ свое осуществленіе въ жидкостяхъ, наблюдаемыхъ нами,—согласуются ли наши заключенія съ результатами опыта.

Требуя, чтобы математическія операціи, при помощи которыхъ

изъ постулатовъ выводятъ вытекающія изъ нихъ послѣдствія, имѣли всегда физическій смыслъ, ставятъ математику неодолимыя препятствія, парализующія всякое движеніе впередъ. Можно дойти до того, чтобы вмѣстѣ съ Робеномъ усомниться въ полезности пользованія дифференціальнымъ исчисленіемъ. Дѣйствительно, если бы онъ старался всегда въ точности исполнять это требованіе, онъ не былъ бы въ состояніи почти произвести хотя бы одно вычисленіе: съ первыхъ же шаговъ теоретическая дедукція была бы парализована. Болѣе точное представленіе о физическомъ методѣ, болѣе рѣзкая демаркаціонная грань между положеніями, которыя должны быть сопоставлены съ фактами опыта, и положеніями, отъ этого свободными, снова вернутъ математику всю его свободу и позволятъ ему пользоваться — къ вящему успѣху физическихъ теорій—всѣми вспомогательными средствами алгебры.

§ VIII.—Существуютъ ли такіе постулаты физической теоріи, которые не могутъ быть опровергнуты опытомъ.

Можно узнать правильность принципа по легкости, съ которой онъ устраняетъ путаницу, возникающую изъ-за употребленія ошибочныхъ принциповъ.

Когда высказанная нами идея вѣрна, когда сравненіе между теоріей въ цѣломъ и фактами опыта въ цѣломъ сдѣлано, сейчасъ же исчезаетъ при свѣтѣ этого принципа вся темь, нависшая надъ нами, когда мы захотѣли подвергнуть контролю фактовъ всякую теоретическую гипотезу въ отдѣльности.

Среди утвержденій, парадоксальный по внѣшности видъ которыхъ мы желаемъ разсѣять, мы разсмотримъ прежде всего одно, именно то, которое за послѣдніе годы очень часто и формулировалось и комментировалось. Высказанное впервые Мильо [1]) по отношенію къ чистому тѣлу химіи, оно было подробно и пространно развито Пуанкарэ [2]) въ отношеніи къ принципамъ меха-

[1]) G. Milhaud: La Science rationnelle (Revue de Métaphysique et de Morale, 4-e année, 1896, стр. 280).—Le Rationnel, Paris, 1898, стр. 45.

[2]) H. Poincaré: Sur les Principes de la Mécanique (Bibliothèque du Congrès international de Philosophie. III. Logique et Histoire des Sciences. Paris, 1901; стр. 457).—Sur la valeur objective des théories physiques (Revue de Métaphysique et de Morale, 10-e année, 1902, стр. 263).—La science et l'Hypothèse стр. 110.

ники; съ большой ясностью формулировалъ его также Edouard le Roy [1]).

Утвержденіе это гласитъ такъ:

Нѣкоторыя основныя гипотезы физической теоріи не могутъ быть опровергнуты никакимъ опытомъ, потому что въ дѣйствительности они представляютъ лишь опредѣленія и извѣстныя выраженія, употребляемыя физиками, получаютъ свой смыслъ только отъ нихъ.

Возьмемъ одинъ изъ примѣровъ, приводимыхъ Ed. le Roy. Когда тяжелое тѣло свободно падаетъ, ускореніе его паденія есть величина постоянная. Можетъ ли такой законъ быть опровергнутъ опытомъ? Нѣтъ, ибо онъ образуетъ само опредѣленіе того, что слѣдуетъ понимать подъ словами «свободное паденіе». Если бы изучая паденіе тяжелаго тѣла, мы нашли, что движеніе его паденія не есть движеніе равномѣрно ускоренное, мы заключили бы не то, что формулированный законъ ложенъ, а то, что тѣло не падаетъ свободно, что какая нибудь причина мѣшаетъ его движенію, и разнорѣчіе между формулированнымъ закономъ и наблюденными фактами заставило бы насъ открыть эту причину и подвергнуть анализу ея дѣйствія.

Такимъ образомъ, заключаетъ Ed. le Roy, «законы не могутъ быть подтверждены, если брать вещи во всей точности.., ибо они сами образуютъ критерій для оцѣнки явленій и методовъ, при помощи которыхъ мы можемъ подвергнуть ихъ провѣркѣ съ точностью, выходящей за предѣлы всякой замѣтной границы».

Разсмотримъ нѣсколько подробнѣе это сравненіе между закономъ паденія тѣлъ и опытомъ съ точки зрѣнія изложенныхъ выше принциповъ.

Наши повседневныя наблюденія познакомили насъ съ цѣлой категоріей движеній, которыя мы сблизили и обобщили подъ именемъ движенія тяжелаго тѣла. Среди этихъ движеній находится и паденіе тяжелаго тѣла, когда этому паденію не мѣшаетъ никакое препятствіе. Отсюда ясно, что слова: «свободное паденіе тяжелаго тѣла» имѣютъ опредѣленный смыслъ для человѣка, опирающагося на однихъ только знаніяхъ здраваго смысла, но не имѣющаго ни малѣйшаго понятія о физическихъ теоріяхъ.

Съ другой стороны, физикъ создалъ для классификаціи зако-

---

[1]) Edouard le Roy: Un positivisme nouveau. (Revue de Mètaphysique et de Morale, 9-e annèe, 1901, стр. 143—144).

новъ движеній, о которыхъ идетъ здѣсь рѣчь, извѣстную теорію, теорію тяжести, составляющую важное примѣненіе научной механики. И въ этой теоріи, предназначенной дать символическое изображеніе дѣйствительности, рѣчь идетъ о «свободномъ паденіи тяжелаго тѣла». На основаніи гипотезъ, лежащихъ въ основѣ всей этой схемы, свободное паденіе необходимо должно быть паденіемъ равномѣрно ускореннымъ.

Теперь слова «свободное паденіе тяжелаго тѣла» имѣютъ два различныхъ смысла. Для человѣка, незнакомаго съ физическими теоріями, они имѣютъ свое реальное значеніе, означая то, чего ожидаетъ отъ нихъ здравый смыслъ, высказывая ихъ. Для физика же они имѣютъ символическій смыслъ, означая «паденіе равномѣрно ускоренное». Теорія не достигла бы поставленной ей цѣли, если бы второй смыслъ не былъ знакомъ перваго, если бы паденіе, разсматриваемое, какъ свободное, здравымъ смысломъ, не было вмѣстѣ съ тѣмъ паденіемъ равномѣрно или почти равномѣрно ускореннымъ, ибо какъ мы говорили уже выше, то, что констатируется здравымъ смысломъ, по самому существу своему, лишено точности.

И это согласіе, безъ котораго теорія должна была бы быть отвергнута безъ дальнихъ разсужденій, дѣйствительно оказывается на лицо: паденіе, которое здравый смыслъ объявляетъ почти свободнымъ, есть вмѣстѣ съ тѣмъ паденіе съ почти постояннымъ ускореніемъ. Но одно констатированіе этого согласія, лишь грубо приблизительнаго, насъ не удовлетворяетъ. Намъ нужна бо́льшая степень точности, чѣмъ та, которой можетъ достичь здравый смыслъ. Опираясь на придуманную нами теорію, мы конструируемъ аппараты, съ помощью которыхъ мы съ точностью можемъ узнать, есть ли паденіе тѣла равномѣрно ускоренное или нѣтъ. Эти аппараты показываютъ намъ, что данное паденіе, которое здравый смыслъ считаетъ паденіемъ свободнымъ, въ дѣйствительности обладаетъ ускореніемъ чуть чуть перемѣннымъ. Положеніе нашей теоріи, придающее свой символическій смыслъ словамъ «свободное паденіе», не воспроизводитъ съ достаточной точностью свойствъ паденія реальнаго и конкретнаго, которое мы наблюдали.

Тогда передъ нами открыты два пути.

Во первыхъ, мы можемъ объявить, что мы были правы, разсматривая изучаемое паденіе, какъ паденіе свободное, и требуя, чтобы теоретическое опредѣленіе этихъ словъ согласовалось съ нашими наблюденіями. Въ этомъ случаѣ наше теоретическое опредѣ-

леніе должно быть отвергнуто, ибо оно этому требованію не удовлетворяетъ. Мы должны построить новую механику, основанную на новыхъ гипотезахъ, механику, въ которой слова «свободное паданіе» означали бы не «паденіе равномѣрно ускоренное», а «паденіе, ускореніе котораго измѣняется, согласно извѣстному закону».

Во-вторыхъ, мы можемъ объявить, что мы были не правы, сближая конкретное паденіе, которое мы наблюдали, съ паденіемъ свободнымъ, символическимъ, опредѣленнымъ нашей теоріей; что послѣднее было схемой слишкомъ упрощенной перваго паденія; что для того, чтобы выразить, какъ слѣдуетъ, паденіе, къ которому относятся наши опыты, теоретикъ долженъ вообразить себѣ не паденіе свободно падающаго тяжелаго тѣла, а паденіе его при извѣстныхъ препятствіяхъ, каково, напримѣръ, сопротивленіе воздуха; что, выразивъ дѣйствіе этихъ препятствій при помощи соотвѣтственныхъ гипотезъ, онъ создастъ схему болѣе сложную, но зато болѣе способную воспроизвести детали опыта. Однимъ словомъ, мы можемъ— пользуясь выраженіями, объясненными нами уже выше (гл. IV, § III) — попытаться устранить при помощи соотвѣтственныхъ поправокъ источники ошибокъ, вліяющихъ на нашъ опытъ, каково, напримѣръ, сопротивленіе воздуха.

Le Roy утверждаетъ, что мы выберемъ не первый, а второй путь, и онъ, безъ сомнѣнія, правъ. Не трудно понять и причины, диктующія намъ этотъ выборъ. Если бы мы выбрали первый путь, мы были бы вынуждены разрушить до основанія весьма обширную теоретическую систему, весьма удовлетворительнымъ образомъ представляющую намъ весьма обширную, весьма сложную группу экспериментальныхъ законовъ. Напротивъ того, избравъ же второй путь, мы не теряемъ ни одной пяди земли, завоеванной уже физической теоріей. Болѣе того, мы такъ часто достигали успѣховъ на этомъ пути, что мы въ правѣ и здѣсь констатировать новый успѣхъ. Но въ этомъ довѣріи къ закону паденія тяжелыхъ тѣлъ мы не видимъ ни малѣйшей аналогіи съ той достовѣрностью, которую геометрическое опредѣленіе черпаетъ въ самой своей сущности, съ той достовѣрностью, при которой было бы безсмысленно усомниться въ томъ, что различныя точки окружности круга находятся на равномъ разстояніи отъ центра его.

Здѣсь передъ нами лишь частное примѣненіе принципа, изложеннаго въ § II. Несогласіе между конкретными фактами, составляющими какой-нибудь опытъ, и символическимъ представленіемъ, которое теорія ставитъ на мѣсто этого послѣдняго, доказываетъ

намъ, что какая-нибудь часть этого символа должна быть отвергнута. Но какая же именно? Вотъ именно этого экспериментъ намъ не говоритъ, это дѣло нашей прозорливости. Но среди теоретическихъ элементовъ, входящихъ въ составъ этого символа, есть всегда извѣстное число, которое физики данной эпохи принимаютъ безъ провѣрки, кака нѣчто, стоящее внѣ сомнѣнія. Очевидно, что физикъ, будучи вынужденъ видоизмѣнить этотъ символъ, подвергнетъ измѣненіямъ не эти элементы, а другіе.

Но если физикъ такъ именно дѣлаетъ, то онъ этого вовсе не дѣлаетъ вслѣдствіе логической необходимости. Поступая иначе, онъ обнаружитъ, можетъ быть, мало прозорливости, или недостаточную освѣдомленность, но его во всякомъ случаѣ никоимъ образомъ нельзя поставить на ряду съ математикомъ, настолько неразумнымъ, чтобы противорѣчить собственнымъ своимъ опредѣленіямъ; онъ не сдѣлаетъ ничего абсурднаго. Болѣе того, поступая иначе, отказываясь обратиться къ источникамъ ошибокъ и прибѣгнуть къ поправкамъ для установленія связи между теоретической схемой и фактомъ, предпринявъ рѣшительную реформу основныхъ положеній, всѣми признаваемыхъ неприкосновенными, онъ можетъ совершить геніальную работу, которая откроетъ передъ теоріей новые пути.

И дѣйствительно, слѣдуетъ остерегаться этой вѣры въ то, что гипотезы эти,—ставшія общепризнанными истинами, достовѣрность которыхъ не боится ни малѣйшаго экспериментальнаго противорѣчія, отбрасывая его на другія положенія, болѣе сомнительныя,—разъ на всегда обезпечены отъ противорѣчій. Исторія физики знаетъ не мало случаевъ, когда умъ человѣческій былъ вынужденъ совершенно отказаться отъ принциповъ, всѣми и на протяженіи вѣковъ признаваемыхъ за неоспоримыя истины, и построить сызнова свои физическія теоріи на новыхъ гипотезахъ.

Былъ ли, напримѣръ, на протяженіи тысячелѣтій болѣе ясный и болѣе достовѣрный принципъ, чѣмъ слѣдующій: въ однородной средѣ свѣтъ распространяется по прямой линіи? Эта гипотеза не только лежитъ въ основѣ всей древней оптики, катоптрики и діоптрики, элегантные геометрическіе выводы которой могли представить по желанію огромное число фактовъ, но оно стало даже, такъ сказать, физическимъ опредѣленіемъ прямой линіи. Къ этой гипотезѣ долженъ былъ аппелировать всякій человѣкъ, который желалъ провести прямую линію: и плотникъ, провѣрявшій прямоту бревна, и землемѣръ, разставлявшій свои вѣхи, и занимающійся геодезіей, устанавливавшій направленіе при помощи діоптера своей алидады,

и астрономъ, опредѣлявшій положеніе звѣздъ при помощи оптической оси своей зрительной трубы. И между тѣмъ насталъ день, когда надоѣло приписывать явленія преломленія свѣта, наблюденныя Гримальди, какому то источнику ошибки, когда рѣшились отвергнуть законъ прямолинейнаго распространенія свѣта и построить оптику на совершенно новыхъ началахъ. И это смѣлое рѣшеніе послужило исходнымъ началомъ удивительнаго прогресса физической теоріи.

§ IX.—Гипотезы, точное выраженіе которыхъ не имѣетъ никакого экспериментальнаго смысла.

Этотъ примѣръ и множество другихъ, съ которыми знакомитъ насъ исторія науки, показываютъ намъ, что было бы весьма неразумно сказать о гипотезѣ, встрѣчающей въ настоящее время всеобщее признаніе: «Мы увѣрены въ томъ, что не можетъ быть какого-нибудь новаго опыта какой угодно точности, который заставилъ бы насъ отказаться отъ этой гипотезы». А между тѣмъ это утвержденіе спѣшитъ высказать Пуанкарэ [1]) относительно принциповъ механики.

Къ изложеннымъ уже выше доводамъ, въ доказательство того, что эти принципы ме могутъ быть опровергнуты экспериментально, Пуанкарэ присоединяетъ еще одинъ, какъ будто бы еще болѣе убѣдительный: принципы эти не только потому не могутъ быть опровергнуты опытомъ, что они представляютъ собою общепризнанныя правила, при помощи которыхъ мы открываемъ въ нашихъ теоріяхъ недостатки, открытые этими противорѣчіями, а потому еще, что операція, при помощи которой мы захотѣли бы сопоставить ихъ съ фактами, не имѣла бы никакого смысла.

Объяснимъ это на примѣрѣ.

Принципъ инерціи учитъ насъ, что матеріальная точка, подвергнутая воздѣйствію какого нибудь другого тѣла, движется съ равномѣрной скоростью въ прямолинейномъ направленіи. Но мы можемъ наблюдать движенія только относительныя. Поэтому, принципъ этотъ получаетъ экспериментальный смыслъ только въ томъ случаѣ, когда мы выбираемъ какой нибудь опредѣленный пунктъ, какое нибудь твердое геометрическое тѣло, считаемъ его неподвижнымъ

---

[1]) H. Poincaré: Sur les principes de la Mécanique (Bibliothéque du Congres nternational de Philosophie. III. Logique et Histoire des Sciences. Paris, 1901; стр. 475, 491).

и къ нему относимъ движенiе нашей матерiальной точки. Фиксацiя этой неподвижной точки составляетъ неразрывную часть выраженiя самого закона. Если эта неподвижная точка не фиксирована, выраженiе закона теряетъ всякiй смыслъ. И сколько различныхъ такихъ опорныхъ пунктовъ, столько и различныхъ законовъ. Мы выразимъ одинъ законъ инерцiи, если скажемъ, что движенiе изолированной точки, отнесенное къ землѣ—прямолинейно и равномѣрно, но мы выразимъ другой законъ, если ту же фразу повторимъ, относя движенiе къ солнцу, и еще другой законъ, если мы отнесемъ движенiе къ системѣ неподвижныхъ звѣздъ. Но тогда несомнѣнно одно: каково бы ни было движенiе матерiальной точки, отнесенное къ одной неподвижной точкѣ, можно всегда—и самымъ различнымъ образомъ—выбрать вторую точку такъ, что если смотрѣть съ нея, наша матерiальная точка будетъ какъ будто двигаться прямолинейно и равномѣрно. Поэтому, не слѣдуетъ искать экспериментальнаго подтвержденiя принципа инерцiи. Ложный, если относить движенiя къ одной неподвижной точкѣ, онъ можетъ стать истиннымъ, если выбрать другой путь для сравненiя, а выбрать этотъ послѣднiй остается всегда возможнымъ.

Если бы законъ инерцiи, сформулированный по отношенiю къ землѣ, какъ къ неподвижному пункту, оказался въ противорѣчiи съ фактами наблюденiя, можно было бы его замѣнить закономъ инерцiи, въ которомъ движенiя были бы отнесены къ солнцу. Если бы и этотъ законъ въ свою очередь оказался бы ложнымъ, можно было бы замѣнить солнце системой неподвижныхъ звѣздъ и такъ далѣе. Сдѣлать эту отговорку невозможной мы не въ силахъ.

Къ аналогичнымъ же замѣчанiямъ даетъ поводъ принципъ равенства дѣйствiя и противодѣйствiя, подробно анализированный Пуанкарэ [1]). Принципъ этотъ можетъ быть формулированъ слѣдующимъ образомъ.

«Центръ тяжести изолированной системы можетъ обладать движенiемъ только прямолинейнымъ и равномѣрнымъ».

Провѣримъ этотъ принципъ на опытѣ. «Возможна ли такая провѣрка? Для этого необходимо, чтобы существовали изолированныя системы. Но такихъ системъ въ дѣйствительности не бываетъ; единственная изолированная система—это вся вселенная».

«Но нашему наблюденiю доступны только относительныя движенiя. Абсолютное движенiе центра тяжести вселенной должно,

---

[1]) H. Poincaré. loc. cit., стр. 472 и слѣд.

поэтому, навсегда остаться для насъ неизвѣстнымъ. Мы никогда узнать не сможемъ, прямолинейное ли оно или равномѣрное, или— вѣрнѣе говоря—самый вопросъ объ этомъ не имѣетъ никакого смысла. Каковы бы ни были факты нашего наблюденія, мы всегда свободны будемъ допустить, что нашъ принципъ вѣренъ».

Такимъ образомъ есть нѣкоторые принципы въ механикѣ такой формы, что прямо абсурдно спросить: согласуется ли этотъ принципъ съ данными опыта или не согласуется? Этотъ странный характеръ не есть исключительное достояніе принциповъ механики. Въ такой же мѣрѣ онъ присущъ и нѣкоторымъ основнымъ гипотезамъ нашихъ физическихъ и химическихъ теорій [1]).

Такъ, химическая теорія, напримѣръ, всецѣло покоится на закон ѣ кратныхъ отношеній. Приведемъ точную формулировку этого закона:

Простыя тѣла A, B, C могутъ образовать, вступая въ соединенія въ различныхъ пропорціяхъ, различныя сложныя тѣла M, M'... Массы тѣлъ A, B, C, образующихъ соединеніе M, относятся другъ къ другу, какъ числа a, b, c. Въ такомъ случаѣ массы элементовъ A, B, C, образующихъ соединеніе M, относятся другъ къ другу, какъ числа αa, βb, γc, гдѣ α, β, γ суть числа цѣлыя.

Можетъ ли этотъ законъ быть провѣренъ на опытѣ? Химическій анализъ знакомитъ насъ съ химическимъ составомъ тѣла M' не вполнѣ точно, а съ извѣстнымъ приближеніемъ. Неточность полученныхъ результатовъ можетъ быть чрезвычайно мала, но она никогда не равна вполнѣ нулю. Въ какихъ бы отношеніяхъ элементы A, B, C ни входили въ составъ тѣла M', можно всегда выразить эти отношенія съ приближеніемъ любой величины черезъ взаимныя отношенія трехъ произведеній αa, βb, γc гдѣ α, β, γ, будутъ цѣлыя числа. Другими словами, каковы бы ни были результаты химическаго анализа сложнаго тѣла M', существуетъ всегда увѣренность въ томъ, что могутъ быть найдены три цѣлыхъ числа α, β, γ, при помощи которыхъ законъ кратныхъ отношеній окажется подтвержденнымъ съ точностью, большей той, которой обладаютъ эксперименты. Поэтому, никогда химическій анализъ, какъ бы онъ ни былъ точенъ, не сможетъ найти погрѣшность въ законѣ кратныхъ отношеній.

Подобнымъ же образомъ, вся кристаллографія покоится на за-

---

[1]) P. Duhem: Le Mixte et la combinaison chimique; Essai sur l'Évolution d'une idée, Paris, 1902, стр. 159—161.

конѣ раціональныхъ показателей, который формулируется слѣдующимъ образомъ:

Тріэдръ образуется тремя кристаллическими поверхностями, четвертая же поверхность срѣзываетъ три ребра его на разстояніяхъ отъ вершины, относящихся другъ къ другу, какъ числа $a\,b\,c$; числа эти суть параметры кристалла. Какая-нибудь другая поверхность можетъ срѣзывать эти ребра на розстояніяхъ отъ вершины, относящихся другъ къ другу, какъ $\alpha\, a$, $\beta\, b$, $\gamma\, c$, гдѣ α, β, γ суть три цѣлыхъ числа, показатели новой кристаллической поверхности.

Самый совершенный гоніометръ опредѣляетъ положеніе кристаллической поверхности только съ извѣстнымъ приближеніемъ. Отношеніе между тремя отрѣзками, отрѣзываемыми такой поверхностью на граняхъ основного тріэдра, никогда не бываютъ свободны отъ извѣстной ошибки. Какъ бы ни была мала эта ошибка, можно выбрать три числа α, β, γ такъ, чтобы взаимныя отношенія между этими отрѣзками могли быть выражены съ меньшей ошибкой черезъ взаимныя отношенія трехъ чиселъ $\alpha\, a$, $\beta\, b$, $\gamma\, c$. Кристаллографъ, который захотѣлъ бы провѣрить законъ раціональныхъ показателей на своемъ гоніометрѣ, безъ сомнѣнія, не понялъ бы самаго смысла собственныхъ своихъ словъ.

Законъ кратныхъ отношеній, законъ раціональныхъ показателей суть математическія выраженія, лишенныя всякаго физическаго смысла. Математическое выраженіе лишь тогда имѣетъ физическій смыслъ, когда оно сохраняетъ свое значеніе послѣ введенія въ него слова «приблизительно». Но этого именно и нельзя сказать о выраженіяхъ, о которыхъ мы только что говорили. Дѣйствительно, содержаніемъ ихъ является утвержденіе, что извѣстныя отношенія суть соизмѣримыя числа. Но, вѣдь, они превратились бы въ простые труизмы, если бы они гласили, что эти отношенія приблизительно соизмѣримы: вѣдь, всякое несоизмѣримое отношеніе бываетъ всегда соизмѣримо приблизительно, и оно даже соизмѣримо съ любымъ приближеніемъ.

Было бы, поэтому, абсурдомъ подвергать извѣстные принципы механики прямой провѣркѣ опыта; въ такой же мѣрѣ было бы абсурдомъ подвергать прямой провѣркѣ законъ кратныхъ отношеній или законъ раціональыхъ показателей.

Но значитъ ли это, что гипотезамъ этимъ, недоступнымъ прямой провѣркѣ на опытѣ, никакая опасность со стороны опыта не грозитъ? Значитъ ли это, что онѣ останутся неизмѣнными, къ ка-

кимъ бы открытіямъ ни привело наблюденіе фактовъ? Было бы большой ошибкой утверждать что-либо подобное.

Взятыя въ отдѣльности, всѣ эти различныя гипотезы не имѣютъ никакого экспериментальнаго смысла. Не можетъ быть и рѣчи о подтвержденіи или опроверженіи ихъ со стороны опыта. Но гипотезы эти входятъ въ качествѣ существенныхъ основъ въ составъ извѣстныхъ теорій, каковы теоретическая механика, химическая теорія, кристаллографія. Цѣль этихъ теорій—символическое описаніе экспериментальныхъ законовъ; это—схемы, по самому существу своему подлежащія сравненію съ фактами опыта.

И вотъ это сравненіе въ одинъ прекрасный день можетъ установить, что одинъ изъ нашихъ символовъ плохо соотвѣтствуетъ той реальности, которую онъ долженъ представить; что поправки, которыя усложняютъ нашу схему, не достаточны, чтобы создать удовлетворительное согласіе между этой схемой и фактами; что теорія, долгое время принимаемая безъ противорѣчій, должна быть отвергнута и что должна быть построена совсѣмъ другая теорія на основѣ совершенно новыхъ гипотезъ. Въ этотъ день кое-какая изъ нашихъ гипотезъ, которая, будучи взята въ отдѣльности, не могла быть подвергнута прямой провѣркѣ со стороны опыта, вмѣстѣ съ системой, которая на ней основывалась, потерпитъ крушеніе подъ тяжестью противорѣчій между реальной дѣйствительностью и выводами, вытекающими изъ этой системы, какъ цѣлаго [1]).

Въ дѣйствительности, гипотезы, которыя, будучи взяты въ отдѣльности, не имѣютъ никакого физическаго смысла, въ такой же мѣрѣ подвержены контролю опыта, какъ и другія гипотезы. Мы видѣли уже въ началѣ настоящей главы, что какова бы ни была природа гипотезы, она никогда не можетъ быть опровергнута опытомъ, взятая въ отдѣльности. Противорѣчіе со стороны опыта касается всегда нѣкоторой группы теорій, какъ чего-то цѣлаго, и никогда невозможно выдѣлить изъ этой группы именно то положеніе, которое должно было отвергнуто.

---

[1]) На интернаціональномъ философскомъ конгрессѣ въ 1900 г. въ Парижѣ Пуанкарэ развивалъ слѣдующую мысль: „Отсюда ясно, что опытъ могъ построить (или внушить) принципы механики, но никогда не сможетъ опрокинуть ихъ". Противъ этого вывода Гадамаръ привелъ нѣсколько возраженій и среди нихъ, между прочимъ, слѣдующее: „Кромѣ того, какъ это, между прочимъ, замѣтилъ Дюгемъ, не одна лишь изолированная гипотеза, а только цѣлая группа гипотезъ механики можетъ быть провѣрена на опытѣ". Revue de Mètaphysique et de Morale, 8-e annèe, 1900, стр. 559).

Такимъ образомъ исчезаетъ всякая парадоксальность изъ утвержденія: нѣкоторыя физическія теоріи имѣютъ въ своей основѣ гипотезы, лишенныя всякаго физическаго смысла.

§ X.—Отъ здраваго смысла зависитъ, какія гипотезы должны быть отвергнуты.

Когда какой-нибудь экспериментъ оказывается въ противорѣчіи съ какими-нибудь выводами изъ теоріи, то это намъ показываетъ, правда, что теорія эта нуждается въ исправленіи, но это намъ не показываетъ еще, что̀ именно нуждается въ ней въ исправленіи. Дѣло прозорливости физика найти недостатокъ, которымъ страдаетъ вся система. Никакой абсолютный принципъ не служитъ руководящимъ началомъ этого изслѣдованія. Различные физики осуществляютъ его различнымъ образомъ и никто изъ нихъ не вправѣ обвинять другого въ нелогичности. Одинъ, напримѣръ, можетъ считать своей обязанностью стоять на стражѣ извѣстныхъ основныхъ гипотезъ. Усложняя схему, въ которой эти гипотезы находятъ примѣненіе, вскрывая источники различныхъ ошибокъ, пріумножая поправки, онъ стремится къ установленію согласія между послѣдствіями, вытекающими изъ теоріи, и фактами. Другой можетъ отнестись съ пренебреженіемъ къ этимъ сложнымъ махинаціямъ и рѣшиться измѣнить кое-какое изъ существенныхъ положеній, лежащихъ въ основѣ всей системы. Первый не вправѣ заранѣе осудить смѣлость второго, какъ и второй не вправѣ назвать абсурдной опасливость перваго. Методы, которымъ они слѣдуютъ, могутъ быть оправданы только опытомъ, и если оба они удовлетворяютъ его требованіямъ, то и тотъ и другой логически имѣютъ право быть довольнымъ своей работой.

Это вовсе не значитъ, что нѣтъ здѣсь весьма важныхъ основаній для того, чтобы предпочесть работу одного изъ нихъ. Чистая логика—не исключительное руководящее начало въ нашихъ сужденіяхъ. Могутъ быть и взгляды, хотя и не опровергнутые на основаніи принципа противорѣчія, но тѣмъ не менѣе неразумные. Вотъ эти мотивы, не вытекающіе изъ логики и тѣмъ не менѣе опредѣляющіе нашъ выборъ, тѣ «резоны, которыхъ нашъ разумъ не знаетъ», которые аппелируютъ къ тонкому уму, но не къ уму математическому, образуютъ то, что весьма удачно названо здравымъ смысломъ.

Бываетъ и такъ, что здравый смыслъ позволяетъ намъ

рѣшить споръ между двумя физиками. Такъ, мы можемъ найти не совсѣмъ разумной поспѣшность, съ которой второй нашъ физикъ разрушаетъ принципы крупной и гармонически построенной теоріи, разъ достаточны нѣкоторыя поправки въ деталяхъ, чтобы теорія эта вновь оказалась въ согласіи съ фактами. Но можетъ случиться и наоборотъ, чтобъ мы нашли дѣтскимъ и неразумнымъ упорство, обнаруживаемое первымъ физикомъ, который при помощи постоянныхъ поправокъ и цѣлаго лѣса сложныхъ, поддерживающихъ колоннъ старается удержать во что бы то ни стало прогнившіе столбы стараго зданія, давшаго трещины по всѣмъ направленіямъ въ то время, какъ разрушеніе этого зданія дало бы возможность построить простое, элегантное и прочное зданіе на основѣ новыхъ гипотезъ.

Но эти соображенія здраваго смысла не обладаютъ той неодолимой убѣдительной силой, какой обладаютъ предписанія логики. Въ нихъ есть кое-что ненадежное, колеблющееся. Они не появляются въ одно и то же время съ одинаковой ясностью въ всѣхъ головахъ. Отсюда возможность длинныхъ споровъ между сторонниками старой системы и адептами новой доктрины, когда каждая сторона считаетъ, что здравый смыслъ на ея сторонѣ и что доводы противниковъ недостаточны. Съ такими спорами насъ знакомитъ исторія физики въ многочисленныхъ примѣрахъ, относящихся къ различнымъ эпохамъ и къ различнымъ областямъ. Напомнимъ только упорство и остроуміе, съ которыми Біо при помощи ряда поправокъ и вспомогательныхъ гипотезъ старался удержать въ оптикѣ эммиссіонную теорію въ то время, какъ Френель не переставалъ выдвигать противъ этой доктрины все новые и новые опыты, благопріятные волнообразной теоріи свѣта.

Во всякомъ случаѣ этому состоянію нерѣшительности всегда наступаетъ конецъ. Въ одинъ прекрасный день здравый смыслъ столь ясно объявляетъ себя на сторонѣ одной изъ двухъ спорящихъ сторонъ, что вторая сторона признаетъ себя побѣжденной, хотя чистая логика не запрещаетъ еще продолжать борьбу. Послѣ того, какъ опытъ Фуко показалъ, что свѣтъ распространяется скорѣе въ воздухѣ, чѣмъ въ водѣ, Біо отказался поддерживать эммиссіонную гипотезу. Чистая логика вовсе не требовала со всей строгостью отказа отъ этой гипотезы, ибо экспериментъ Фуко вовсе не былъ тѣмъ experimentum crucis, который видѣлъ въ немъ Араго. Но продолжая возставать противъ волнообразной теоріи свѣта, Біо оказался бы въ конфликтѣ со здравымъ смысломъ.

Но такъ какъ моментъ, когда недостаточная гипотеза должна уступить свое мѣсто допущенію болѣе плодотворному, не отмѣчается логикой со всей строгостью и точностью, ей присущей, такъ какъ опредѣлить этотъ моментъ есть дѣло здраваго смысла, то физики могутъ ускорить это рѣшеніе, ускорить прогрессъ науки, стараясь сохранить въ себѣ самихъ этотъ здравый смыслъ въ наиболѣе яркомъ, наиболѣе бодрствующимъ состояніи. Но ничто не стѣсняетъ здраваго смысла, ничто такъ не затемняетъ ясность взгляда, какъ страсти и интересы. Ничто, поэтому, не замедляетъ такъ рѣшенія, результатомъ котораго должно явиться удачное преобразованіе физической теоріи, какъ тщеславіе физика, слишкомъ снисходительнаго къ собственной своей системѣ и слишкомъ строгаго къ системѣ другихъ физиковъ. Такимъ образомъ мы приходимъ къ слѣдующему выводу, столь ясно формулированному Клодомъ Бернаромъ: здравая экспериментальная критика какой-нибудь гипотезы подчинена опредѣленнымъ моральнымъ условіямъ; для правильной и точной оцѣнки согласія между физической теоріей и фактами недостаточно быть хорошимъ математикомъ и ловкимъ экспериментаторомъ, а необходимо еще быть честнымъ и безпартійнымъ судьей.

ГЛАВА СЕДЬМАЯ.

Выборъ гипотезъ.

§ I.—Къ чему сводятся условія, выставляемыя логикой при выборѣ гипотезъ.

Мы подвергли тщательному анализу различныя операціи, которыми строится физическая теорія. Мы подвергли въ частности строгой критикѣ правила, позволяющія сопоставить выводы изъ теоріи съ экспериментально установленными законами. Теперь мы можемъ вернуться къ самимъ основамъ теорій и, зная, что должно на нихъ покоиться, сказать, чѣмъ онѣ должны быть. Попробуемъ дать теперь отвѣтъ на слѣдующій вопросъ: какія условія, согласно требованіямъ логики, должны быть выполнены при выборѣ гипотезъ, которыя должны быть положены въ основу физической теоріи?

Впрочемъ, различныя проблемы, разсмотрѣнныя нами на предыдущихъ страницахъ, рѣшеніе, которое мы имъ дали, диктуютъ намъ, такъ сказать, этотъ отвѣтъ.

Требуетъ ли логика, чтобы наши гипотезы вытекали изъ какой-нибудь космологической системы или, по крайней мѣрѣ, чтобы они были въ согласіи съ выводами изъ такой системы? Ничуть не бывало. Наши физическія теоріи вовсе не стремятся быть объясненіями; наши гипотезы вовсе не являются допущеніями касательно самой природы матеріальныхъ вещей. Наши теоріи имѣютъ цѣлью только экономическое обобщеніе и классификацію экспериментальныхъ законовъ. Они автономны и независимы отъ всей и всякой метафизической системы. Наши гипотезы, на которыхъ мы строимъ наши теоріи, не имѣютъ, поэтому, нужды заимствовать свой матеріалъ у той или другой философской доктрины. Онѣ не ссылаются на авторитетъ той или другой метафизической школы и не боятся ея критики.

Желаетъ ли логика, чтобы наши гипотезы были только экспериментальными законами, обобщенными черезъ индукцію? Логика не можетъ выставлять требованій, исполненіе которыхъ невозможно. На предыдущихъ же страницахъ мы установили, что однимъ чисто индуктивнымъ методомъ построить теорію невозможно. Ньютонъ и Амперъ пытались это сдѣлать, но потерпѣли крушеніе, а между тѣмъ оба эти геніи похвалялись, что они ничего не допустили въ своихъ системахъ, что не вытекало бы всецѣло изъ опыта. Поэтому, мы ничего не имѣемъ противъ того, чтобы принять въ число основъ, на которыхъ покоится наша физика, и такіе постулаты, которые вовсе не являются плодомъ опыта.

Предписываетъ ли намъ логика, чтобы мы вводили наши гипотезы одну за другой и каждую изъ нихъ подвергали точной провѣркѣ, прежде чѣмъ признать ее пріемлемой? И это было бы требованіемъ абсурднымъ. Каждая экспериментальная провѣрка пользуется самыми различными частями физики, аппелируетъ къ безчисленнымъ гипотезамъ. Никогда не можетъ быть подвержена провѣркѣ одна только опредѣленная гипотеза, отдѣленная отъ всѣхъ другихъ. Логика не можетъ требовать, чтобы подвергнуты были провѣркѣ одна за другой всѣ гипотезы, пользованіе которыми имѣется въ виду, ибо осуществленіе такого требованія невозможно.

Какія же условія выставляетъ логика при выборѣ гипотезъ, на которыхъ должна покоиться физическая теорія? Условія эти трояского рода.

Во-первыхъ, гипотеза должна быть свободна отъ внутреннихъ противорѣчій, ибо физикъ вовсе не желаетъ заявлять что-нибудь безсмысленное.

Во-вторыхъ, различныя гипотезы, которыя должны быть положены въ основу физической теоріи, не должны противорѣчить другъ другу. Физическая теорія не куча какая-нибудь отдѣльныхъ и между собой не связанныхъ моделей. Физика ревностно старается сохранить логическое единство, ибо нѣкоторое непосредственное, интуитивное чувство, котораго мы не можемъ объяснить, но и подавить въ себѣ не можемъ, подсказываетъ намъ, что только при этомъ условіи теорія достигнетъ своей идеальной формы—формы естественной классификаціи.

Въ-третьихъ, гипотезы должны быть такъ выбраны, чтобы математическіе выводы изъ всей системы ихъ символически воспроизводили съ достаточнымъ приближеніемъ всю систему экспериментальныхъ законовъ. Схематическое представленіе—при

помощи математическихъ символовъ—тѣхъ законовъ, которые были установлены экспериментаторомъ,—такова въ дѣйствительности настоящая цѣль физической теоріи. Всякая теорія, хотя бы одинъ выводъ изъ которой оказался бы въ явномъ противорѣчіи съ какимъ-нибудь закономъ, установленнымъ наблюденіемъ, должна быть безпощадно отвергнута. Но нѣтъ вовсе никакой возможности сопоставлять одинъ какой-нибудь отдѣльный выводъ изъ теоріи съ отдѣльнымъ экспериментальнымъ закономъ; должны быть сопоставлены одна съ другой и должны оказаться сходными только двѣ системы, взятыя во всей своей цѣлости: вся система теоретическихъ представленій съ одной стороны и вся система данныхъ наблюденія—съ другой.

§ II. — Гипотезы не продуктъ мгновеннаго творчества, а результатъ прогрессивнаго развитія. Всемірное тяготѣніе, какъ примѣръ.

Къ этимъ тремъ условіямъ сводятся требованія логики къ гипотезамъ, которыя должны быть положены въ основу физической теоріи. Если онъ соблюдаетъ эти условія, теоретикъ въ остальномъ пользуется полной свободой, и онъ можетъ выбирать основы системы, которую онъ хочетъ строить, какъ ему заблагоразсудится.

Но не окажется ли подобная свобода стѣснительнѣе всякихъ препятствій?

Еще бы! Предъ глазами физика встаютъ, теряясь въ безконечности, безчисленное множество, безпорядочныя груды экспериментальныхъ законовъ, которыхъ ничто еще не обобщаетъ, не приводитъ въ извѣстную систему, не классифицируетъ. Онъ долженъ формулировать принципы, выводы изъ которыхъ должны дать простое, ясное и упорядоченное представленіе этого ужасающаго множества данныхъ наблюденія. Но прежде, чѣмъ онъ можетъ оцѣнить, достигаютъ ли выводы изъ его гипотезъ своей цѣли, прежде чѣмъ онъ можетъ узнать, даютъ ли они похожія изображенія этихъ законовъ и методическую ихъ классификацію, онъ долженъ установить всю систему своихъ допущеній. И когда онъ обращается къ логикѣ съ просьбой о руководствѣ въ этой трудной работѣ, съ просьбой указать ему, какія гипотезы ему слѣдуетъ выбрать и какія отвергнуть, онъ въ отвѣтъ получаетъ отъ нея одно только предписаніе: избѣгать противорѣчій!—предписаніе, которое можетъ привести въ отчаяніе въ виду огромнаго простора, оставляемаго

его нерѣшительности. Можетъ ли принести пользу человѣку столь неограниченная свобода? На столько ли силенъ интеллектъ его, чтобы создать физическую теорію какъ бы изъ одного куска.

Нѣтъ, безъ сомнѣнія. Да и исторія науки намъ показываетъ, что ни одна физическая теорія не была такъ создана. Какую физическую теорію мы ни возьмемъ, она всегда строилась при посредствѣ ряда поправокъ; только путемъ этихъ поправокъ шло развитіе ея отъ первыхъ безформенныхъ почти набросковъ ея до наиболѣе совершенной ея формы. И при всякой изъ этихъ поправокъ свободная инициатива физика опредѣлялась, поддерживалась, направлялась, порой даже повелительно диктовалась самыми различными обстоятельствами, мнѣніями людей, какъ и свидѣтельствомъ фактовъ. Физическая теорія не есть продуктъ мгновеннаго творчества, а она есть всегда медленный и прогрессивно развивающійся результатъ извѣстной эволюціи.

Нѣсколько ударовъ клюва о скорлупу яйца и молодой цыпленокъ выскакиваетъ изъ своей темницы. Видя это, ребенокъ можетъ представить себѣ, что эта твердая и неподвижная масса, столь похожая на бѣлые камешки на берегу ручья, вдругъ получила жизнь и создала цыпленка, который сталъ бѣгать и пищать. Но тамъ, гдѣ его дѣтское воображеніе видитъ внезапное твореніе, натуралистъ видитъ послѣднюю фазу длиннаго процесса развитія. Онъ восходитъ въ своихъ мысляхъ къ моменту перваго сліянія двухъ микроскопическихъ ядеръ, прослѣживаетъ рядъ дѣленій, дифференціацій, всасываній, въ результатѣ которыхъ клѣтка за клѣткой развилось тѣло молодого цыпленка.

Человѣкъ, незнакомый съ физикой, судитъ о происхожденіи физическихъ теорій такъ же, какъ ребенокъ о рожденіи цыпленка. Ему представляется, что стоило только волшебницѣ, носящей названіе науки, прикоснуться своимъ магическимъ жезломъ ко лбу геніальнаго человѣка, чтобы теорія сейчасъ же объявилась живая и совершенная, какъ Паллада Аѳина вышла въ полномъ вооруженіи изъ лба Юпитера. Ему представляется, что достаточно было Ньютону увидѣть, какъ яблоко упало на землю, чтобы дѣйствія паденія тяжелыхъ тѣлъ, движенія земного шара, луны, планетъ и ихъ спутниковъ, блужданія кометъ, явленія прилива и отлива въ океанѣ обобщить и классифицировать въ одномъ этомъ положеніи: *два любыхъ тѣла притягиваются другъ къ другу съ силой, прямо пропорціональной произведенію ихъ массъ и обратно пропорціональной квадрату разстоянія между ними.*

Всякій, кто глубже знакомъ съ природой и исторіей физическихъ теорій, знаетъ, что для того, чтобы найти зародыши этой доктрины всемірнаго тяготѣнія, необходимо обратиться къ системамъ древне-греческой науки. Онъ знаетъ медленныя преобразованія этого зародыша въ ходѣ его тысячелѣтняго развитія. Онъ перечислитъ вамъ всѣ нити, ведущія отъ каждаго столѣтія къ произведенію, которое отъ Ньютона получило свою жизнеспособную форму. Онъ не забываетъ всѣхъ колебаній и пробъ, черезъ которыя прошелъ и самъ Ньютонъ, прежде чѣмъ создалъ свою совершенную систему. И никогда на протяженіи всей исторіи идеи всемірнаго тяготѣнія онъ не видитъ момента, который напоминалъ бы мгновенное творчество, момента, въ который умъ человѣческій, свободный отъ всякихъ колебаній, чуждый воздѣйствіямъ устарѣвшихъ ученій и противорѣчіямъ опытовъ его времени, воспользовался бы для формулировки своихъ гипотезъ всей свободой, предоставляемой ему логикой.

Мы не можемъ изложить здѣсь со всѣми деталями исторію усилій, которыми человѣчество подготовило памятное открытіе всемірнаго тяготѣнія. Для этого было бы недостаточно и цѣлаго тома. Набросаемъ ее, по крайней мѣрѣ, въ крупныхъ чертахъ, чтобы показать всѣ превратности судьбы, черезъ которыя прошло развитіе этой основной гипотезы, прежде чѣмъ она была ясно формулирована.

Какъ только человѣкъ приступилъ къ изученію физическаго міра, не могъ не привлечь его вниманія вслѣдствіе своей общности и важности, одинъ классъ явленій—явленія тяжести. Эти явленія должны были стать предметомъ первыхъ размышленій физиковъ.

Не будемъ долго останавливаться на изложеніи того, что могли говорить о тяжести и легкости философы античной Эллады. Примемъ въ качествѣ исходного пункта для нашего обзора физику Аристотеля. Кромѣ того, и изъ этой эволюціи, съ давнихъ поръ подготовленной, но разсматриваемой нами только съ этого пункта, мы будемъ останавливаться только на томъ, что подготовило теорію Ньютона, систематически отбрасывая все, что не ведетъ къ этой цѣли.

Для Аристотеля всѣ тѣла представляютъ собой *смѣсь* въ различныхъ пропорціяхъ изъ четырехъ *элементовъ*: земли, воды, воздуха и огня. Изъ этихъ четырехъ элементовъ первые три *тяжелы*; земля тяжелѣе воды, а вода тяжелѣе воздуха; только

огонь легокъ; смѣси болѣе или менѣе тяжелы или легки въ зависимости отъ пропорціи, въ которой смѣшаны элементы.

Что это значитъ? Тяжелое тѣло есть тѣло, обладающее такой субстанціальной формой, что оно само отъ себя движется въ направленіи къ математической точкѣ, центру вселенной, если оно не встрѣчаетъ препятствій. Оно можетъ быть задержано, если подъ нимъ находится твердое тѣло или жидкость, болѣе тяжелая, чѣмъ оно само. Болѣе легкая жидкость не могла бы задержать его движенія потому, что болѣе тяжелое стремится занять мѣсто подъ болѣе легкимъ. Въ соотвѣтствіи съ этимъ легкое тѣло есть тѣло, обладающее такой субстанціальной формой, что оно само отъ себя стремится удалиться отъ центра міра.

Разъ тѣла одарены такими субстанціальными формами, то каждое изъ нихъ стремится занять свое естественное мѣсто, тѣмъ болѣе близкое къ центру міра, чѣмъ богаче данное тѣло тяжелыми элементами и тѣмъ болѣе отдаленное отъ этого центра, чѣмъ болѣе это тѣло одарено элементами легкими. Если бы каждый элементъ находился на своемъ естественномъ мѣстѣ, въ мірѣ былъ бы осуществленъ порядокъ, въ которомъ каждый элементъ достигъ бы совершенства своей формы. И субстанціальная форма каждаго элемента и каждой смѣси одарена была однимъ изъ этихъ свойствъ, тяжестью или легкостью для того, чтобы порядокъ міра могъ возстановляться естественнымъ движеніемъ къ совершенству его всякій разъ, когда онъ какимъ нибудь насильственнымъ движеніемъ будетъ нарушенъ. Въ частности именно этимъ стремленіемъ всѣхъ тяжелыхъ тѣлъ къ ихъ естественному мѣсту, къ центру вселенной, объясняется округлость земли, совершенная сферичность поверхности моря. И Аристотель уже набросилъ въ общихъ чертахъ математическое доказательство этого ученія, а Адрастъ, Плиній Старшій, Теонъ Смирнскій, Симплиціусъ, Св. Ѳома Аквинскій и вся схоластика не переставали возвращаться къ нему, развивая его въ деталяхъ. Такъ, въ согласіи съ великимъ принципомъ перипатетичеокой метафизики, дѣйствующая причина движенія тяжелыхъ тѣлъ есть вмѣстѣ съ тѣмъ конечная его цѣль; она не отождествляется съ сильнымъ притяженіемъ, обнаруживаемымъ центромъ вселенной, а съ естественнымъ стремленіемъ всякаго тѣла къ мѣсту, наиболѣе благопріятному для собственнаго его сохраненія и гармоническаго устройства міра.

Таковы гипотезы, лежащія въ основѣ теоріи тяжести, нашедшей первую свою формулировку у Аристотеля, подробнѣе и точнѣе развитой комментаторами александрійской школы, арабами и средневѣковыми философами востока, подробно изложенной у Юлія Цезаря Скалигера [1]), нашедшей особенно ясную формулировку у Жана Баптиста Бенедетти [2]) и принимаемой еще даже Галилеемъ [3]) въ первыхъ его сочиненіяхъ.

Впрочемъ, въ разсужденіяхъ философовъ-схоластиковъ ученіе это получило болѣе точную формулировку. Тяжесть не есть стремленіе тѣла помѣститься въ цѣломъ въ центрѣ вселенной, что было бы абсурдно, ни также помѣстить туда какую-нибудь изъ своихъ точекъ. Въ каждомъ тяжеломъ тѣлѣ есть точно опредѣленная точка, которая стремится соединиться съ центромъ вселенной, и эта точка и есть центръ тяжести даннаго тѣла. Теперь уже не какая бы то ни была точка земного шара должна находиться въ центрѣ міра, чтобы земной шаръ оставался неподвижнымъ, а тамъ долженъ находиться центръ тяжести всей его массы. Тяжесть дѣйствуетъ между двумя точками, подобно дѣйствіямъ другъ на друга полюсовъ, которыми столь долго объясняли свойства магнитовъ. Это ученіе мы находимъ въ зародышѣ у Симплиціуса въ его комментаріяхъ къ De Coelo Аристотеля. Въ серединѣ XIV столѣтія оно было подробно развито однимъ изъ ученыхъ, составлявшихъ въ эту эпоху украшеніе номиналистической школы въ Сарбоннѣ, Albert de Saxe. Послѣ него и подъ его вліяніемъ ученіе это приняли и далѣе развили самые выдающіеся мыслители этой школы— Thimon le Juif, Marsile d'Inghen, Pierre d'Ailly, Nipho [4]).

Послѣ того какъ Леонардо да Винчи присоединилъ къ этому ученію нѣкоторыя изъ наиболѣе оригинальныхъ своихъ идей, [5]) оно

---

[1]) Julii Caesaris Scaligeri Exotericarum exercitationum liber XV: De subtilitate adversus Cardanum, exercitatio IV; Lutetiae, 1557.

[2]) J.—Baptistae Benedicti Diversarum speculationum liber. Disputationes de quibusdam placitis Aristotelis, c. XXXV, стр. 191; Taurini, MDLXXXV.

[3]) Le Opere di Galileo Galilei, ristampate fedelmente sopra la edizione nazionale; vol. I. Firenze 1890. De motu, стр. 252. (Сочиненіе это было написано Галилеемъ около 1590 года, но было опубликовано лишь въ наше время Фаваро.

[4]) Подробную исторію этого ученія можно найти въ нашемъ сочиненіи Les origines de la Statique въ гл. XV, озаглавленной: Les propriétés mécaniques du centre de gravité.—D'Albert de Saxe à Torricelli. Эта работа будетъ опубликована въ Revue des Questions scientifiques.

[5]) P. Duhem: Albert de Saxe et Léonard de Vinci (Bulletin italien, V, стр. 1 стр. 113; 1905).

получаетъ свое могущественное вліяніе, выходящее далеко за предѣлы среднихъ вѣковъ. Гвидо Убальдо дель Монте даетъ ему слѣдующую ясную формулировку [1]): «Когда мы говоримъ, что тяжелое тѣло по естественной своей склонности стремится помѣститься въ центрѣ вселенной, то мы этимъ хотимъ выразить, что центръ тяжести этого тяжелаго тѣла стремится соединиться съ центромъ вселенной». Это ученіе Albert de Saxe'а владѣетъ умами многихъ физиковъ еще въ теченіе всего семнадцатаго столѣтія. Именно оно внушаетъ тѣ разсужденія, весьма чуждыя людямъ, незнакомымъ съ этимъ ученіемъ, на которыхъ Ферма основываетъ свой геостатическій принципъ [2]). Въ 1636 году Ферма писалъ Робервалю, оспаривавшему правильность его аргументовъ: «Первое возраженіе состоитъ въ томъ, что вы не хотите согласиться съ тѣмъ, что середина линіи, соединяющей два равныхъ тяжелыхъ тѣла, падающихъ свободно, стремится соединиться съ центромъ міра. Отсюда очевидно, мнѣ кажется, что вы оспариваете очевидность и самые основные принципы». Положенія, формулированныя Albert de Saxe'омъ, потеряло свое мѣсто въ ряду истинъ, сами собой очевидныхъ.

Упразднивъ геоцентрическую систему, революція Коперника потрясла до основанія основы, на которыхъ покоилась эта теорія тяжести.

Тяжелое тѣло par excellence, земной шаръ, не стремится болѣе занять мѣсто въ центрѣ вселенной. Физики должны обосновать теорію тяжести на новыхъ гипотезахъ. Какія же размышленія могутъ внушить имъ эти гипотезы? Размышленія по аналогіи: они будутъ сравнивать паденіе тяжелаго тѣла на землю съ движеніемъ желѣза къ магниту.

Порядокъ требуетъ, чтобы однородное тѣло стремилось къ сохраненію своей цѣлости. Слѣдовательно, различныя части этого тѣла должны быть одарены такой субстанціальной формой, чтобы онѣ оказывали сопротивленіе всякому движенію, которое можетъ вызвать ихъ раздѣленіе; онѣ должны стремиться къ обратному сое-

---

[1]) *Guieie Ubalie Marchionibus Montis In duos Archimedis aequiponderantium libros paraphrasis, scholiis illustrata, Pisauri*, 1588, стр. 10.

[2]) Cf. P. Duhem: *Les origines de la Statique*, c. XVI: La doctrine d'Albert de Saxe et les *Géostaticiens*. Эта глава въ скоромъ времени будетъ напечатана въ Revue des Questions scientifiques.

[3]) Fermat: OEuvres, publiées par les soins de M. N. Paul Tannery et Ch. Henry, t. II, Correspondance, стр. 31.

диненію, если бы какая нибудь сила раздѣлила ихъ. Такимъ образомъ сходное притягивается. И это и есть причина, почему магнитъ притягивается магнитомъ.

Съ другой стороны желѣзо и руды его близко родственны магниту. Если онѣ оказываются въ сосѣдствѣ съ магнитомъ, то совершенство міра требуетъ, чтобы онѣ стремились соединиться съ этимъ тѣломъ. Вотъ въ этомъ и заключается причина, почему субстанціальная форма ихъ оказывается измѣненной въ сосѣдствѣ съ магнитомъ, почему онѣ получаютъ магнитную силу, съ которой онѣ притягиваются къ магниту.

Таково ученіе о магнитныхъ дѣйствіяхъ, горячо защищаемое школой перипатетиковъ, въ частности Аверроесомъ и Ѳомой Аквинскимъ.

Въ тринадцатомъ столѣтіи дѣйствія эти были ближе изучены. Было констатировано, что каждый магнитъ имѣетъ два полюса, что одноименные полюсы отталкиваются, а разноименные притягиваются. Въ 1269 году Пьеръ де Марикуръ, болѣе извѣстный подъ именемъ Petrus Peregrinus, далъ описаніе этихъ дѣйствій, представляющее образецъ ясности и прозорливости экспериментатора [1]).

Но эти новыя открытія лишь укрѣпили ученіе перипатетиковъ. Было констатировано, что если переломать естественный магнитъ на двое, то оба конца полома образуютъ разноименные полюсы. Субстанціальныя формы обоихъ кусковъ таковы, что эти послѣдніе стремятся вновь соединиться. Такимъ образомъ магнитная сила такова, что она стремится сохранить цѣлость магнита или, если его переломать на двое, снова возстановить одинъ магнитъ, полюсы котораго были бы росположены такъ, какъ они были расположены до перелома [2]).

Тяжесть имѣетъ аналогическую причину. Элементы земли одарены такой субстанціальной формой, что они остаются соединенными съ планетой, часть которой они составляютъ, и сохраняютъ за ней сферическую форму. Уже предтеча Коперника, Леонардо

---

[1]) Epistola Petri Peregrini Maricurtensis ad Sygerum de Foucaucourt militem, de magnete; actum in castris, in obsidione Lucerae, anno Domini MCCLXIX, VIII die Augusti.—напечатано у Гассера въ Аугсбургѣ въ 1558 году и воспроизведено въ Neudrucke von Schriften und Karten über Meteorologie und Erdmagnetisimus, herausgegeben von Professor Dr G. Hellmann. № 10, Rara Magnetica (Berlin, Asher, 1896).

[2]) Petrus Peregrinus: Loc. cit, 1re part., c. IX.

да Винчи заявлялъ [1]): «Какъ земля не находится въ серединѣ орбиты солнца, ни въ серединѣ міра, а находится посреди своихъ элементовъ, которые ее сопровождаютъ и съ ней соединены». Всѣ части земли стремятся къ ея центру тяжести, чѣмъ и объясняется сферическая форма поверхности воды—форма, образцомъ которой является капля росы.

Въ началѣ первой книги своего сочиненія [2]), Коперникъ выражается въ тѣхъ же почти терминахъ, какъ и Леонардо да Винчи, и пользуется почти тѣми же сравненіями. «Земной шаръ имѣетъ шарообразную форму потому, что всѣ его части стремятся къ центру тяжести». Стремятся къ этому центру и вода и земля, и это придаетъ поверхности воды форму части шара; шаръ былъ бы совершененъ, если бы воды было достаточно. Кромѣ того, имѣютъ шарообразную форму и солнце, и луна, и планеты, что объясняется такимъ же образомъ, какъ шарообразная форма земли.

«Я полагаю [3]), что тяжесть есть нечто иное, какъ нѣкоторое естественное стремленіе, сообщенное частямъ земного шара божественнымъ провидѣніемъ Зиждителя вселенной, чтобы онѣ составляли одно цѣлое, соединенное въ формѣ шара. Весьма вѣроятно, что то же качество присуще и солнцу, лунѣ и другимъ блуждающимъ свѣтиламъ, чтобы дѣйствіемъ его они сохраняли свою шарообразную форму, въ которой они передъ нами являются».

Имѣетъ ли эта тяжесть универсальный характеръ? Находится ли масса, принадлежащая какому нибудь небесному тѣлу, подъ одновременнымъ дѣйствіемъ и центра тяжести этого тѣла и центровъ тяжести другихъ небесныхъ тѣлъ?. Ничего мы не находимъ въ сочиненіяхъ Коперника, что указывало бы на то, что онъ допускалъ подобную тенденцію. Все въ сочиненіяхъ его учениковъ указываетъ на то, что стремленіе къ центру небеснаго тѣла, по ихъ мнѣнію, свойственно частямъ этого тѣла. Въ 1626 году Мерсеннъ [4]) резюмируетъ ихъ ученіе. Давъ такое опредѣленіе:

---

[1]) Les Manuscrits de Léonard de Vinci, publiés par Ch. Ravaisson—Mollien, Ms. F. de la Bibliothéque de l'Institut, fol. 41, verso.—На этомъ сочиненіи имѣется слѣдующая отмѣтка: начато въ Миланѣ 12 сентября 1508 года.

[2]) Nicolai Copernici De revolutionibus orbium coelestium libri sex; l. I, cc. I, II, III, Norimbergae, 1543.

[3]) Nicolai Copernici De revolutionibus orbium coelestium libri sex; l. I, c. IX Norimbergae 1543.

[4]) Mersenne, Synopsis mathemetica; Lutetiae, ex officina Rob. Stephani, MDCXXVI, Mechanicorum libri стр. 7.

«центръ міра есть та точка, къ которой всѣ тяжелыя тѣла стремятся по прямой линіи и которая является общимъ центромъ всѣхъ тяжелыхъ тѣлъ», онъ прибавляетъ: «Такъ оно предполагается, но этого невозможно доказать, ибо въ каждой изъ спеціальныхъ системъ, образующихъ вселенную или, другими словами, въ каждомъ изъ большихъ небесныхъ тѣлъ существуетъ, вѣроятно, еще и спеціальный центръ тяжести».

Мерсеннъ все же высказываетъ сомнѣніе въ правильности этого ученія, склоняясь къ гипотезѣ всеміpнаго тяготѣнія. Дѣйствительно, немного ниже, онъ пишетъ [1]): «Мы принимаемъ, что всѣ тяжелыя тѣла стремятся къ центру міра и движутся къ нему въ прямолинейномъ направленіи естественнымъ движеніемъ. Это положеніе почти общепринято, хотя оно и доказано быть не можетъ. Кто знаетъ, не стремились ли бы части, оторванныя отъ какой-нибудь планеты, обратно къ ея центру и не вернулись ли бы онѣ къ ней? Такъ камни, оторванные отъ земли и перенесенные на эту планету, вернулись бы на землю. Кто знаетъ, не попадали бы скорѣе на луну, чѣмъ на землю камни, оторванные отъ земли, но въ своемъ движеніи оказавшіеся ближе къ лунѣ, чѣмъ къ землѣ?» Въ этомъ послѣднемъ положеніи Мерсеннъ, какъ мы увидимъ ниже, оказывается скорѣе склоннымъ слѣдовать доктринѣ Кеплера, чѣмъ ученію Коперника.

Болѣе строго Галилей держится коперниковой теоріи спеціальной тяжести каждой звѣзды. Съ перваго дня послѣ обнародованія своего знаменитаго *Діалога о двухъ системахъ міра* онъ заявляетъ устами собесѣдника Сальвіати, что «части земли двигаются не для того, чтобы достичь центра міра, а для того, чтобы соединиться всѣмъ вмѣстѣ; для этого онѣ имѣютъ естественное стремленіе къ центру земного шара—стремленіе, обусловливающее форму и сохраненіе его...»

«Такъ какъ части земного шара всѣ стремятся соединиться въ одно цѣлое, то онѣ со всѣхъ сторонъ стекаются съ равной склонностью; и для того, чтобы возможно лучше соединиться, онѣ принимаютъ шарообразную форму. Не слѣдуетъ ли отсюда, что если и луна, и солнце, и другія большія тѣла, образующія вселенную, тоже имѣютъ шарообразную форму, то это можетъ происходить только оттого, что они всѣ имѣютъ одинаковую склонность и что всѣ части ихъ объяты однимъ естественнымъ движеніемъ? Не

[1]) Mersenne: Loc. cit, стр. 8.

разумно ли, поэтому, думать, что если бы одна какая либо часть была насильственно оторвана отъ цѣлаго, она сама по естественному инстинкту вернулась бы къ нему?»

Конечно, между этимъ ученіемъ и теоріей Аристотеля существуетъ глубокое различіе. Аристотель со всей силой отвергалъ ученіе древнихъ физіологовъ, которые, подобно Эмпедоклу, видѣли въ тяжести симпатію подобнаго къ себѣ подобному. Въ четвертой книгѣ своего сочиненія De Coelo онъ утверждаетъ, что тяжелыя тѣла падаютъ не для того, чтобы соединиться съ землей, а для того, чтобы соединиться съ центромъ вселенной; что если бы земля оторвалась отъ своего мѣста и удерживалась бы въ орбитѣ луны, камни падали бы не на землю, а къ центру міра.

И тѣмъ не менѣе послѣдователи Коперника удерживаютъ изъ ученія Аристотеля все, что можно изъ него сохранить. Тяжесть есть для нихъ, какъ и для Аристотеля, внутренне присущее тяжелому тѣлу стремленіе, а не насильственное притягательное дѣйствіе, оказываемое другимъ тѣломъ. Какъ и для Аристотеля, стремленіе это направлено къ математической точкѣ, къ центру земли или къ центру той планеты, къ которой принадлежитъ изучаемое тѣло. Какъ и для Аристотеля, это стремленіе всѣхъ частей къ одной точкѣ есть для нихъ причина шарообразной формы каждаго изъ небесныхъ тѣлъ.

Галилей идетъ гораздо дальше еще и переноситъ на систему Коперника ученіе Albert de Saxe'а. Давая опредѣленіе центра тяжести тѣла въ своемъ знаменитомъ сочиненіи Della Scienza meccanica, онъ говоритъ: «Это также та точка, которая стремится соединиться съ универсальнымъ центромъ тяжелыхъ тѣлъ, т. е. съ центромъ земли». И этой же мыслью онъ руководствуется, когда онъ формулируетъ слѣдующій принципъ: система тяжелыхъ тѣлъ находится въ равновѣсіи, когда центръ тяжести этой системы находится возможно ближе къ центру земли.

Такимъ образомъ было въ существѣ физики Коперника отрицать стремленіе каждаго элемента къ своему естественному мѣсту и замѣнять это стремленіе взаимной склонностью частей цѣлаго, стремящихся возстановить цѣлость этого послѣдняго. Около того же времени, когда Коперникъ прибѣгъ къ этой симпатіи для объясненія присущей каждой планетѣ тяжести, Фракасторъ[1]) формулировалъ общую теорію ея: когда двѣ части одного и того же

[1]) Hieronymi Fracastorii De sympathia et antipathia rerum, liber unus (Hieronymi Fracastorii Opera omnia; Venetiis. MDLV).

цѣлаго отдѣлены другъ отъ друга, то каждая изъ нихъ испускаетъ къ другой нѣкоторую эманацію своей субстанціальной формы, нѣкотораго рода species, которая распространяется въ промежуточномъ между ними пространствѣ. Вслѣдствіе соприкосновенія съ species, каждая изъ частей стремится къ другой, чтобы соединиться съ ней въ одно цѣлое; этимъ и объясняются взаимныя притяженія себѣ подобныхъ, образцомъ которыхъ служитъ симпатія желѣза къ магниту.

Слѣдуя примѣру Фракастора, большинство врачей и астрологовъ (очень рѣдко люди не были одновременно и тѣмъ и другимъ) охотно прибѣгали для объясненія къ этимъ симпатіямъ. Кромѣ того врачи и астрологи, какъ мы увидимъ ниже, имѣли не мало вліянія на развитіе ученія о всемірномъ тяготѣніи.

Никто не далъ столь широкаго распространенія этому ученію о симпатіяхъ, какъ Уильямъ Джильбертъ. Въ своемъ сочиненіи, въ которомъ были положены основы теоріи магнитизма и которая представляетъ собой завершеніе научной работы XVI столѣтія, Джильбертъ высказываетъ по вопросу о тяжести идеи, сходныя съ идеями Коперника: «Простое и прямое движеніе къ землѣ, какъ оно разсматривается у перипатетиковъ, движеніе тяжелаго тѣла, говоритъ онъ [1]), есть движеніе обратнаго соединенія (coacervatio) разъединенныхъ частей, движущихся изъ-за матеріи, которая ихъ образуетъ, по прямымъ линіямъ къ землѣ, при чемъ эти линіи составляютъ кратчайшія разстоянія къ центру ея. Движенія магнитныхъ, отдѣленныхъ отъ земли частей представляютъ собой, помимо движенія, которое объединяетъ ихъ съ цѣлымъ, такія движенія, которыя соединяютъ ихъ другъ съ другомъ, какъ и такія, которыя направляютъ ихъ къ цѣлому на основаніи симпатіи и согласія формъ». — «Это прямолинейное движеніе [2]) которое есть нечто иное, какъ стремленіе къ своему исходному началу, присущее не только частицамъ земли, но и частицамъ солнца, луны и другихъ небесныхъ тѣлъ». Эта притягательная сила не есть, впрочемъ, сила всемірнаго тяготѣнія, а это есть сила, присущая каждому небесному тѣлу, какъ магнитизмъ присущъ и землѣ и магниту. «Укажемъ теперь, говоритъ Джильбертъ, причину этого соединенія и этого движенія, присущаго всей природѣ... Это особая суб-

---

[1]) Gulielmi Gilberti Colcestrensis medici Londinensis, De magnete, magneticis corporibus, et de magno magnete Tellure, physiologia nova; Londini, 1600, стр. 225.

[2]) Gilbert: Loc. cit. стр. 227.

станціальная форма, присущая главнымъ и первичнымъ небеснымъ тѣламъ. Это—истинная сущность ихъ частицъ, однородныхъ и неискаженныхъ, которую мы можемъ назвать формой первичной, радикальной и астральной. Это не первичная форма Аристотеля, а та спеціальная форма, вслѣдствіе которой шаръ сохраняетъ все, что ему свойственно. Такая форма присуща каждому изъ шаровъ— и солнцу, и лунѣ и звѣздамъ. Есть таковая и у земли; она образуетъ ту истинную магнитную силу, которую мы называемъ первичной силой. Такимъ образомъ есть такая магнитная природа, присущая землѣ, и вслѣдствіе первичной, достойной нашего изумленія причины, сохраняющаяся въ каждой изъ ея дѣйствительныхъ частей... Есть въ землѣ присущая ей магнитная сила, какъ есть субстанціальная форма у солнца и у луны; луна направляетъ части, оторвавшіяся отъ нея, соотвѣтственно своей природѣ, въ согласіи со своей формой и границами, которыя ей поставлены. Часть солнца, оторвавшаяся отъ него, движется въ направленіи къ солнцу вслѣдствіе естественной своей склонности и какъ бы влекомая чѣмъ то, какъ магнитъ движется къ землѣ или другому магниту».

Эти мысли разсѣяны въ книгѣ Джильберта о магнитѣ. Широко онѣ развиты и играютъ уже преобладающую роль въ другомъ его сочиненіи о системѣ міра, которое братъ его опубликовалъ послѣ его смерти [1]). Основная идея этого сочиненія въ общихъ чертахъ выражена въ слѣдующихъ словахъ [2]): «Все, что есть земного, соединяется съ земнымъ шаромъ. Точно также все, что однородно съ солнцемъ, стремится къ солнцу и все, что однородно съ луной, стремится къ лунѣ; и такъ обстоитъ дѣло со всѣми другими тѣлами, образующими вселенную. Каждая изъ частей такого тѣла притягивается къ нему, какъ къ цѣлому, и самовольно отъ него не отдѣляется. Когда же она отъ него отрывается насильно, то она не только стремится вернуться, но она влечется и притягивается силой шара. Если бы оно не было такъ, если бы части могли отдѣляться отъ цѣлаго самовольно, если бы онѣ, оторванныя насильно, не возвращались къ своему первоначальному мѣсту, весь міръ скоро разсыпался бы. Дѣло идетъ здѣсь не о какомъ-

---

[1]) Gulielmi Gilberti Colcestrensis, medici Regii, De mundo nostro sublunari philosophia nova; Opus posthumum, ab authoris fratre collectum pridem et dispositum. Amstelodami, MDCLI. Джильбертъ скончался въ 1603 году.

[2]) Gilbert: Loc. cit., стр. 115.

нибудь желаніи, которое относитъ части къ извѣстному мѣсту, къ извѣстному пространству, къ извѣстному пункту, а о стремленіи къ тѣлу, къ общему источнику, къ общей матери, къ общему своему началу, гдѣ всѣ эти части оказываются объединенными, сохраненными и гдѣ онѣ остаются въ покоѣ, огражденныя отъ всякой опасности».

Магнитная философія Джильберта нашла среди физиковъ много адептовъ. Ограничимся упоминаніемъ о Фрэнсисѣ Бэконѣ [1]), воззрѣнія котораго представляютъ собой спутанное отраженіе доктринъ его ученаго современника, и перейдемъ сейчасъ же къ истинному творцу всемірнаго тяготѣнія, Кеплеру.

Неоднократно повторяя о своемъ восхищеніи идеями Джильберта, объявляя себя сторонникомъ магнитной философіи, Кеплеръ вноситъ измѣненія во всѣ ея принципы. Стремленіе частей звѣзды къ центру ея онъ замѣняетъ взаимнымъ притяженіемъ этихъ частей другъ къ другу. Онъ объявляетъ, что притяженіе это обязано своимъ происхожденіемъ одной и той же силѣ, безразлично идетъ ли рѣчь о частяхъ луны или о частяхъ земли. Онъ оставляетъ совершенно въ сторонѣ разсужденія о конечныхъ причинахъ, связывающихъ эту силу съ сохраненіемъ формы каждой звѣзды. Однимъ словомъ, онъ подготовляетъ почву для ученія о всемірномъ тяготѣніи.

Прежде всего Кеплеръ отрицаетъ за всякой математической точкой—будь то центръ земли, какъ это выходитъ по Копернику, или центръ вселенной, какъ этому учитъ Аристотель,—способность притяженія или отталкиванія: «Дѣйствіе огня [2]) сводится не къ тому, чтобы достичь поверхности, составляющей границы міра, а къ тому, чтобы удалиться отъ центра, и не центра вселенной, а центра земли, и этого центра не какъ точки, а какъ середины тѣла, природа котораго весьма противоположна природѣ огня, стремящагося распространиться. Скажу болѣе того. Пламя не удаляется, а вытѣсняется болѣе тяжелымъ воздухомъ, какъ надутый пузырь вытѣсняется водой... Если бы помѣстить неподвижный земной шаръ въ какомъ-нибудь мѣстѣ и къ нему приближать другой земной шаръ большей величины, то первый сталъ бы притягиваться ко второму, какъ камень притягивается къ землѣ. Тяжесть не есть дѣйствіе, а это только стремленіе камня, который притягивается».

---

[1]) Bacon: Nowum Organum, I, II, c. XLVIII, artt. 7, 8, 9.

[2]) Jo. Kepleri Littera ad Herwartum, 28 mars 1605.—Joannis Kepleri astronomi Opera omnia, édit. Ch. Frisch, t. II, стр. 87.

«Математическая точка [1]), будь то центръ міра или другая какая-нибудь точка, не можетъ на самомъ дѣлѣ приводить въ движеніе тяжелыя тѣла, и тѣмъ менѣе она можетъ быть объектомъ, къ которому они притягивались бы. Пусть, поэтому, физики доказываютъ, что такая сила можетъ принадлежать точкѣ, которая не есть тѣло и которая можетъ быть понята только относительно!»

«Невозможно допустить, чтобы субстанціальная форма камня, приводя въ движеніе тѣло этого камня, стремилась къ математической точкѣ, къ центру міра, напримѣръ, безъ всякаго вниманія къ тѣлу, въ которомъ эта точка находится. Пусть физики доказываютъ, что естественныя вещи имѣютъ симпатію къ тому, что не существуетъ!»

«...Вотъ истинное ученіе о тяжести: тяжесть есть взаимная склонность между родственными тѣлами, стремящимися слиться, соединиться во-единно; магнитная способность есть свойство того же порядка; скорѣе земля притягиваетъ камень, чѣмъ камень стремится къ землѣ. Если бы мы помѣстили даже центръ земли въ центрѣ міра, то не къ этому послѣднему центру притягивались бы тяжелыя тѣла, а къ центру круглаго тѣла, которому они родственны, т. е. къ центру земли. Въ какое мѣсто мы не помѣстили бы землю, тяжелыя тѣла вслѣдствіе присущей имъ способности будутъ всегда двигаться къ ней. Если бы земля не была кругла, то тяжелыя тѣла не двигались бы всѣ со всѣхъ сторонъ къ центру земли, а они двигались бы въ различные пункты, смотря по мѣсту, которое они занимали бы. Если бы въ какомъ-нибудь мѣстѣ міра находились два камня на близкомъ разстояніи другъ отъ друга и внѣ сферы дѣйствія какого бы то ни было родственнаго имъ тѣла, то эти камни стремились бы соединиться другъ съ другомъ, подобно двумъ магнитамъ, гдѣ-нибудь посрединѣ этого разстоянія и пути, которые имъ пришлось бы пройти, были бы обратно пропорціональны ихъ массамъ».

Это истинное ученіе о тяжести быстро распространилось въ Европѣ и встрѣтило благопріятный пріемъ у многихъ математиковъ. Намеки на него мы находимъ уже у Мерсенна въ его Synopsis mathematica отъ 1626 года. 16 августа 1636 года Этьеннъ Паскаль и Роберваль пишутъ Fermat'у письмо [2]), посвя-

---

[1]) Joannis Kepleri De motibus stellae Martis commentarii, Pragae, 1609.— Kepleri Opera omnia, t. III, стр. 151.

[2]) Fermat: Oeuvres, publiées par les soins de M. M. Paul Tannery et Ch. Henry; t. II, Correspondance, стр. 35.

щенное главнымъ образомъ опроверженію стараго принципа Albert de Saxe'a, который столь ревностно продолжалъ защищать тулузскій математикъ. Принципъ этотъ гласилъ: «Если двѣ равныя тяжести, соединенныя между собой неподвижно невѣсомой прямой линіей, такъ расположены, что онѣ могутъ свободно падать, то онѣ не придутъ въ состояніе покоя до тѣхъ поръ, покуда середина линіи (то, что было центромъ тяжести у древнихъ) не соединится съ общимъ центромъ тяжелыхъ тѣлъ». Противъ этого принципа они возражали слѣдующее: «Очень можетъ быть и весьма даже вѣроятно, что тяжесть есть взаимное притяженіе или естественное стремленіе тѣлъ соединиться, какъ это ясно видно въ случаѣ желѣза и магнита: когда задерживается магнитъ, то желѣзо движется къ нему, а если задерживается желѣзо, то магнитъ движется къ желѣзу, если же они оба свободны, то они движутся навстрѣчу другъ къ другу, но такъ, что болѣе сильное изъ двухъ тѣлъ совершаетъ меньшій путь».

Не имѣютъ ли тѣла, находящіяся на землѣ и другую еще магнитную способность, кромѣ той, которая возвращаетъ ихъ на землю, если они отъ нея удалены, и которая образуетъ ихъ тяжесть?

Движеніе, которое вздуваетъ волны моря, вызывая приливы и отливы, столь точно слѣдуетъ прохожденію луны черезъ меридіанъ, что невозможно не разсматривать луну, какъ причину этого явленія, если хотятъ изучить законы его съ нѣкоторой точностью. Наблюденія [1]) Эратосфена, Селеукуса, Гиппарха и въ особенности Посидонія давали древнимъ философамъ столь полное знаніе этихъ законовъ, что Цицеронъ, Плиній Старшій, Страбонъ и Птоломей не медлили утверждать, что явленія прилива и отлива зависятъ отъ движенія луны. Но зависимость эта была окончательно установлена детальнымъ описаніемъ различныхъ неправильностей этихъ явленій, которое мы находимъ у арабскаго астронома, Альбумасара, жившаго въ IX вѣкѣ, въ его книгѣ Introductorium magnum ad Astronomiam.

Такимъ образомъ движеніе луны опредѣляетъ волненіе моря въ океанѣ; но какимъ образомъ опредѣляетъ?

Птоломей, Альбумасаръ не замедлили сослаться на нѣкоторую

---

[1]) Roberto Almagia: Sulla dottrina della marea nell'antichità classica e nel medio evo (*Atti del Congresso internazionale di Scienze toriche*, Roma 1—9 aprile 1903; vol. XII, стр. 151).

особую силу, на особое вліяніе луны на воды моря. Такого рода объясненіе не могло понравиться истиннымъ ученикамъ Аристотеля. Чтобы ни говорилось въ этомъ отношеніи, ортодоксальные перипатетики, будь то арабы или схоластики Востока, жестоко нападали на объясненіе, въ которомъ были ссылки на скрытыя силы, недоступныя нашему воспріятію. Дѣйствіе магнита на желѣзо было чуть ли не единственнымъ, которое они готовы были приписать такой таинственной силѣ. Они не соглашались допустить, что звѣзды могутъ оказать какое-нибудь вліяніе, которое не вытекало бы изъ ихъ движенія или свѣта. Поэтому, Авиценна, Аверроесъ, Robert Grosse—Teste, Альбертъ Магнусъ, Рожеръ Бэконъ искали объясненіе прилива и отлива въ свѣтѣ луны, въ теплотѣ, которую этотъ свѣтъ можетъ испускать, въ теченіяхъ, которыя эта теплота можетъ вызвать въ атмосферѣ, въ возмущеніи, которое она можетъ вызвать въ нѣдрахъ водъ морскихъ.

Но это было объясненіемъ довольно шаткимъ, котораго не могли не поколебать до основанія возраженія, сами собою напрашивавшіяся. Уже Альбумасаръ имѣлъ случай наблюдать, что лунный свѣтъ ничего общаго не имѣетъ съ морскимъ приливомъ, ибо этотъ послѣдній наблюдается и въ новолуніе, и въ полнолуніе, и когда луна въ зенитѣ, и когда она въ надирѣ. Немного дѣтское объясненіе, предложенное Робертомъ Grosse-Teste для устраненія этого возраженія Альбумасара, не поколебало аргументацій этого послѣдняго, несмотря на горячую поддержку, которую встрѣтило это объясненіе со стороны Рожера Бэкона. Начиная съ XIII столѣтія лучшіе среди схоластиковъ, и среди нихъ Ѳома Аквинскій, допускали возможность вліянія звѣздъ, отличнаго отъ воздѣйствія свѣта. Послѣ этого Гилльомъ д'Овернь сравнивалъ въ своемъ сочиненіи De Universo дѣйствіе луны на воды морскія съ дѣйствіемъ магнита на желѣзо.

Магнитная теорія морскихъ приливовъ и отливовъ была извѣстна уже великимъ физикамъ, служившимъ въ серединѣ XIV столѣтія украшеніемъ номиналистической школы въ Сорбоннѣ. Albert de Saxe и Thimon le Juif излагаютъ ее въ своихъ «*Вопросахъ*» по поводу сочиненій Аристотеля De Coelo и Météores. Но они медлятъ выразить полное съ ней согласіе. Они прекрасно знаютъ цѣну возраженіямъ Альбумасара, чтобы удовлетвориться сполна объясненіями Альберта Магнуса и Рожера Бэкона. Къ тому же это скрытое магнитное притяженіе, оказываемое

луной на морскія воды, противорѣчитъ ихъ раціонализму перипатетиковъ.

Сила, вызывающая явленія прилива и отлива, могла, напротивъ, вполнѣ понравиться астрологамъ. Они усматривали въ ней неопровержимое доказательство вліянія звѣздъ на вещи подлуннаго міра. Не менѣе въ фаворѣ была эта гипотеза у врачей. Они сравнивали роль, которую играютъ звѣзды въ явленіяхъ прилива и отлива, съ ролью, которую они приписывали ей въ кризисахъ болѣзней. Не Галенъ ли приводилъ въ связь фазы луны съ критическими днями нѣкоторыхъ болѣзней?

Въ концѣ XV столѣтія Ж. П. де ла Мирандоль снова съ горячностью возвращается къ тезису перипатетиковъ Авиценны и Аверроеса [1]). Онъ не соглашается съ тѣмъ, чтобы звѣзды могли вліять здѣсь, внизу, иначе, чѣмъ своимъ свѣтомъ. Онъ отвергаетъ всю астрологію, предсказывающую будущее, какъ погоню за химерами. Онъ отвергаетъ ученіе врачей о критическихъ дняхъ и вмѣстѣ съ тѣмъ объявляетъ ошибочной магнитную теорію явленій прилива и отлива.

На вызовъ, брошенный Жаномъ Пикомъ де ла Мирандолемъ астрологамъ и медикамъ, сейчасъ же откликнулся въ сочиненіи [2]), выдержавшемъ множество изданій, Луцій Беланціусъ, врачъ изъ Сіенны. Обсуждая сказанное Пикомъ де ла Мирандолемъ о явленіяхъ прилива и отлива, авторъ въ третьей книгѣ этого сочиненія пишетъ слѣдующее: «Лучи, которыми дѣйствуетъ луна, въ особенности когда она притягиваетъ и вздуваетъ воды моря, это не лучи луннаго свѣта: ибо въ моментъ соединенія не было бы ни прилива, ни отлива, между тѣмъ какъ въ дѣйствительности мы ихъ констатируемъ. Нѣтъ, это скрытые лучи, которыми луна притягиваетъ море, какъ магнитъ притягиваетъ желѣзо. Съ помощью этихъ лучей нетрудно отразить всѣ возраженія по этому вопросу».

Благодаря книгѣ Луція Беланціуса, популярность магнитной теоріи явленій прилива и отлива возросла вдвое; съ середины XVI столѣтія она была весьма общепринятой теоріей.

Кардано [3]) причисляетъ къ семи простымъ движеніямъ «...еще

---

[1]) Joannis Pici Mirandulae Adversus astrologos; Bononiae, 1495.

[2]) Lucii Bellantii Senensis: Liber de astrologica veritate et in disputationes Joannis Pici adversus astrologos responsiones; Bononiae, 1495; Florentiae, 1498; Venetiis, 1502; Basileae, 1504.

[3]) Les livres d'Hiérome Cardanus, médecin milanois, intitulés de la subti-

одно естественное движеніе — результатъ какого то подчиненія вещей, какъ движеніе воды, обязанное своимъ происхожденіемъ лунѣ, движеніе желѣза, имѣющее причиной дѣйствіе магнита, названнаго камнемъ Геркулеса».

Юлій Цезарь Скалигеръ [1]) придерживается того же взгляда: «Желѣзо, говоритъ онъ, приводится въ движеніе магнитомъ, не приходя съ нимъ въ соприкосновеніе; почему же и морю не подчиняться такимъ же образомъ тѣлу звѣзды весьма благородной?» Дюрэ [2]) вспоминаетъ мнѣніе Луція Беланціуса, не соглашаясь, впрочемъ, съ нимъ: «Этотъ авторъ утверждаетъ, что луна притягиваетъ воды морскія не свѣтовыми лучами своими, а силой нѣкоторыхъ тайныхъ своихъ свойствъ, какъ магнитъ притягиваетъ желѣзо».

Наконецъ, Джильбертъ [3]) учитъ, что «луна не дѣйствуетъ на воды моря своими лучами, своимъ свѣтомъ. Какъ же она дѣйствуетъ? Совмѣстнымъ дѣйствіемъ двухъ тѣлъ и—чтобы объяснить мою мысль съ помощью аналогіи—магнитнымъ притяженіемъ».

Это воздѣйствіе луны на воды моря принадлежитъ, впрочемъ, къ тѣмъ основаннымъ на симпатіи стремленіямъ подобнаго къ себѣ подобному, въ которыхъ послѣдователи Коперника искали причину тяжести. Каждое тѣло имѣетъ такого рода субстанціальную форму, что оно стремится соединиться съ другимъ тѣломъ того же рода. Естественно, поэтому, если воды моря стремятся вновь соединиться съ луной, которая, какъ для астрологовъ, такъ и для врачей, является звѣздой влажной par excellence.

Согласно ученію Птоломея, въ его Opus quadripartitum и Альбумасара въ его Introductorium magnum, Сатурнъ вызываетъ холодъ, Юпитеръ—умѣренную теплоту, Марсъ—сильную теплоту и луна — влажность. Дѣйствіе луны на воды моря представляетъ собой, поэтому, результатъ взаимной симпатіи двухъ тѣлъ одной и той же семьи, нѣкоторой cognata virtus, какъ выражается арабскій авторъ.

---

lité et subtiles inventions, traduis de latin en françois par Richard Le Blanc; Paris, 1556, стр. 35.

[1]) Julii Caesaris Scaligeri Exercitationes exotericae de subtilitate adversus Cardanum, Exercitatio LII.

[2]) Claude Duret: Discours de la vérité des causes et effects de divers cours, mouvements, flux et reflux de la mer océane, mer méditerannée et autres mers de la Terre. Paris, 1600, стр. 204.

[3]) Gulielmi Gilberti De mundo nostro philosophia nova, стр. 307.

Эти же ученія мы находимъ еще у врачей и астрологовъ среднихъ вѣковъ и эпохи Возрожденія. «Невозможно сомнѣваться, говоритъ Кардано [1]), въ воздѣйствіи звѣздъ; это — скрытое дѣйствіе, оказываемое звѣздами на все преходящее, существующее въ мірѣ, и тѣмъ не менѣе нѣкоторые недобросовѣстные и честолюбивые мыслители, гораздо болѣе нечестивые, чѣмъ Геростратъ, осмѣливаются это отрицать... Не находимъ ли мы даже среди веществъ здѣсь на землѣ такія, которыя по свойствамъ своимъ оказываютъ очевидныя дѣйствія, каковъ, напримѣръ, магнитъ?.. Почему жъ бы намъ отказывать въ такихъ дѣйствіяхъ небеснымъ свѣтиламъ, вѣчнымъ и столь высоко благороднымъ тѣламъ?.. По величинѣ своей и количеству свѣта, которое оно испускаетъ, солнце есть главный властитель всѣхъ вещей. За нимъ по тѣмъ же причинамъ слѣдуетъ луна, и именно она потому, что она намъ кажется наибольшей звѣздой послѣ солнца, несмотря на то, что въ дѣйствительности она и не есть наибольшая звѣзда. Она властвуетъ преимущественно надъ вещами влажными, надъ рыбами, водами, мозгомъ животныхъ и изъ корней надъ луковицей, содержащей влажность по преимуществу».

Самъ Кеплеръ, столь ожесточенно боровшійся съ неосновательными претензіями астрологіи, не задумываясь, пишетъ [2]): Опытъ доказываетъ, что все, что содержитъ влажность, начинаетъ вздуваться съ началомъ новолунія и спадаетъ, когда луна на ущербѣ».

Кеплеръ льститъ себя мыслью [3]), что онъ первый опровергъ мнѣніе, согласно которому явленія прилива суть результатъ стремленія морскихъ водъ соединиться съ влажностью луны. «Поскольку явленія прилива и отлива вещи извѣстныя, постолько извѣстно, что влажность луны ничего общаго не имѣетъ съ причиной этихъ явленій. Я первый, на сколько я знаю, вскрылъ въ моихъ пролегоменахъ къ «Комментаріямъ о движеніяхъ Марса» процессъ, которымъ луна вызываетъ явленія прилива и отлива. Заключается этотъ процессъ въ слѣдующемъ: луна дѣйствуетъ не какъ влажная или овлажняющая звѣзда, а какъ масса, родственная массѣ земли. Она притягиваетъ воды моря

---

[1]) Hieronymi Cardani De rerum varietate libri XVII, l. II, c. XIII; Basileae, 1557.

[2]) Joannis Kepleri. De fundamentis Astrologiae, Pragae 1602; thesis XV— J. Kepleri Opera omnia, t. I, стр. 422.

[3]) J. Kepleri Notae in librum Plutarchi de facie in orbe Lunae, Francofurti 1634.—J. Kepleri Opera omnia, t. VIII, стр. 118.

магнитнымъ дѣйствіемъ не потому, что эти воды влажны, а потому, что онѣ одарены земной субстанціей, той самой субстанціей, которой онѣ обязаны также своей тяжестью».

Приливъ есть, дѣйствительно, стремленіе подобнаго соединиться съ себѣ подобнымъ. Но тѣла, стремящіяся соединиться, подобны между собой не тѣмъ, что обоимъ имъ присуща природа воды, а тѣмъ, что обоимъ имъ присуща природа массъ, образующихъ нашъ земной шаръ. Луна оказываетъ притягательное дѣйствіе не только на воды, покрывающія землю, но и на твердыя ея части, на всю землю цѣликомъ. И обратно, земля оказываетъ магнитное притягательное дѣйствіе на тяжелыя тѣла луны». Если бы луна и земля [1]) не были удержаны какой то животной или эквивалентной ей силой, каждая на своей орбитѣ, земля поднималась бы вверхъ къ лунѣ и луна опускалась бы внизъ къ землѣ, покуда эти двѣ планеты не слились бы. Если бы земля перестала притягивать къ себѣ покрывающія ея воды, морскія волны поднялись бы совсѣмъ вверхъ и потекли бы къ лунѣ».

Эти воззрѣнія привлекали не одного физика. 1 сентября 1631 года Мерсеннъ [2]) писалъ Жану Рею: «Я нимало не сомнѣваюсь, что если бы человѣкъ, находясь на лунѣ, бросалъ камни вверхъ, они падали бы на эту луну, хотя она съ нашей стороны является самымъ высшимъ пунктомъ; ибо они падаютъ обратно на землю, находясь къ ней ближе, чѣмъ къ другимъ системамъ». Но Жанъ Рей не отнесся благопріятно къ этой точкѣ зрѣнія, заимствованной у Кеплера. 1 января 1632 года онъ отвѣчаетъ [3]) Мерсенну: .«Вы нимало не сомнѣваетесь, говорите вы, что если бы человѣкъ, находясь на лунѣ, бросалъ камни вверхъ, то они падали бы на эту луну, хотя она съ нашей стороны является самымъ высшимъ пунктомъ. Я не вижу, почему бы это должно было меня смущать. Говоря откровенно, я думаю какъ разъ обратное. Ибо я предполагаю, что вы говорите о камняхъ, взятыхъ отсюда (на лунѣ и камней, можетъ быть, нѣтъ). Такіе камни и не имѣютъ другого стремленія, какъ только къ своему центру, въ

---

1) Joannis Kepleri. De motibus stellae Martis, 1609 — I. Kepleri, Opera omnia t. III, стр. 151.

2) Essays de Jean Rey, Docteur en médecine, sur la recherche de la cause pour laquelle l'estain et le plomb augmentent de poid quand on les calcine, Nouvelle edition augmentée de la correspondance de Mersenne et de Jean Rey), Paris, 1777, стр. 109.

3) Jean Rey: Loc. cit., стр. 122.

данномъ случаѣ къ центру земли. Они вернутся къ намъ вмѣстѣ съ человѣкомъ, который будетъ ихъ бросать, если онъ обитатель нашей планеты, подтверждая тѣмъ истинность изреченія: Nescio qua natale solum dulcedine cunctos allicit. И если бы случилось, что они притягивались бы луной, какъ магнитомъ (въ чемъ вы должны были бы сомнѣваться въ такой же мѣрѣ, какъ относительно земли), то въ такомъ случаѣ земля и луна, одаренныя одной и той же магнитной способностью, притягивая одно и то же тѣло, должны были бы быть сходны и въ томъ, чтобы взаимно притягивать другъ друга, или, вѣрнѣе говоря, чтобы они двигались навстрѣчу другъ другу и соединялись въ одно цѣлое, какъ движутся навстрѣчу другъ другу и соединяются два магнитныхъ шарика, помѣщенныхъ въ сосудѣ съ водой. Ибо возраженіе, что разстояніе между ними слишкомъ велико, неосновательно: воздѣйствія, которыя оказываетъ луна на землю и которыя земля должна оказывать на луну,—и потому, что она, по вашему мнѣнію, служитъ ей луной—ясно доказываютъ, что онѣ находятся въ сферѣ дѣйствія другъ друга».

Таково, однако, возраженіе, выдвигаемое Декартомъ. Мерсеннъ обратился къ нему съ вопросомъ, «знаетъ ли онъ, вѣситъ ли тѣло больше или меньше, когда оно находится ближе къ центру земли или дальше отъ него». На этотъ вопросъ Декартъ отвѣчаетъ[1]) аргументомъ, изъ котораго можно вывести, что болѣе удаленныя отъ земли тѣла меньше вѣсятъ, чѣмъ болѣе близкія къ ней. Аргументъ этотъ гласитъ: «Планеты, которыя сами не имѣютъ свѣта, каковы Луна, Венера, Меркурій и т. д., суть, вѣроятно, тѣла изъ той же матеріи, что и земля; повидимому, эти планеты должны были бы притягиваться къ землѣ и упасть на нее, если бы большое разстояніе между ними не парализовало этого ихъ стремленія».

Въ теченіе первой половины XVII столѣтія физики продолжали встрѣчать препятствіе въ объясненіи того факта, что, несмотря на взаимное тяготѣніе земли и луны, эти тѣла не падаютъ другъ на друга. Тѣмъ не менѣе вѣра въ подобное тяготѣніе распространилась и укрѣплялась все болѣе и болѣе. Декартъ, какъ мы видѣли, полагалъ, что подобное тяготѣніе можетъ существовать между землей и другими планетами, какъ Венера и

---

[1]) Descartes: Correspondance, Edition P. Tannery et Ch. Adam, № CXXIX. 13 juillet, 1638; t. II, стр. 225.

Меркурій. Фрэнсисъ Бэконъ пошелъ въ этомъ направленіи дальше. Онъ представилъ себѣ, что подобнаго же рода дѣйствіе солнце можетъ оказывать на различныя планеты. Въ своемъ сочиненіи Novum Organum[1]), знаменитый канцлеръ отдѣляетъ въ особую спеціальную категорію «магнитное движеніе, которое принадлежитъ къ классу движеній Agregatio minor (малаго соединенія), но, происходя часто на большихъ разстояніяхъ и между значительными массами, оно заслуживаетъ спеціальнаго изслѣдованія, тѣмъ болѣе, что оно не начинается черезъ соприкосновеніе, какъ большая часть другихъ подобныхъ движеній, а ограничивается тѣмъ, что поднимаетъ или вздуваетъ тѣла, не вызывая никакого другого дѣйствія. Если вѣрно то, что луна притягиваетъ воды моря и что подъ ея вліяніемъ влажныя массы вздуваются... если солнце связываетъ планеты Венеру и Меркурій и не позволяетъ имъ удалиться дальше извѣстнаго разстоянія, то отсюда слѣдуетъ, повидимому, что движенія эти не принадлежатъ ни къ виду Agregatio major, ни къ виду Agregatio minor, а, образуя нѣчто среднее и несовершенное, они должны образовать особый видъ».

Гипотеза, что солнце можетъ оказывать на планеты дѣйствіе, аналогичное тому, которое земля и планеты оказываютъ каждая на собственныя свои части, и даже тому, которое земля и планеты оказываютъ другъ на друга, не могла не показаться допущеніемъ довольно смѣлымъ. Въ самомъ дѣлѣ, вѣдь, отсюда слѣдовало, что существуетъ естественная аналогія между солнцемъ и планетами, а было не мало физиковъ, которые не могли не отказаться отъ такого постулата. Въ сочиненіяхъ Гассенди мы находимъ свидѣтельство, какъ неохотно соглашались съ этимъ допущеніемъ нѣкоторые физики. Разсмотримъ условія, при которыхъ обнаружилась эта неохота у Гассенди.

Послѣдователи Коперника, столь охотно приписывавшіе тяжесть взаимной симпатіи земныхъ тѣлъ, допустившіе аналогичную симпатію между различными частями одной и той же звѣзды для объясненія сферической формы этой звѣзды, отказывались въ общемъ приписать дѣйствіе луны на воды моря магнитному притяженію. Они придерживались совсѣмъ другой теоріи явленій прилива и отлива, источникъ которой заключался въ самой системѣ и которая, поэтому, казалась имъ особенно убѣдительной.

---

[1]) F. Baconis Novum Organum; Londini, 1620, I. II, c. XXVIII, art. 9.

Въ 1544 году были обнародованы въ Базелѣ сочиненія Целіо Кальканини [1]). Авторъ умеръ за три года до этого, въ тотъ самый моментъ, когда Іоахимъ Ретикусъ въ своемъ сочиненіи Narratio prima познакомилъ съ системой Коперника раньше, чѣмъ великій польскій астрономъ напечаталъ свое сочиненіе De revolutionibus orbium coelestium. Въ сочиненіяхъ Кальканини имѣлась, между прочимъ, диссертація, уже раньше напечатанная [2]), подъ заглавіемъ Quod Coelum stet, Terra vero moveatur vel de perenni motu Terrae. Этотъ предтеча Коперника приписывалъ уже суточное движеніе звѣздъ вращенію земли, но не дошелъ еще до допущенія годового движенія земли вокругъ солнца. Въ диссертаціи его мы читаемъ слѣдующее мѣсто: [3]) «Чѣмъ дальше какая-нибудь вещь находится отъ центра, тѣмъ быстрѣе она движется. Этимъ разрѣшается одно величайшее затрудненіе, предметъ длинныхъ и многочисленныхъ изслѣдованій, приведшій, какъ разсказываютъ, Аристотеля въ такое отчаяніе, что онъ чуть ли не послужилъ причиной его смерти. Дѣло идетъ о причинѣ, вызывающей въ вполнѣ опредѣленные промежутки времени это замѣчательное волненіе моря... Затрудненіе это разрѣшается безъ труда, если принять во вниманіе обратные толчки земли, заставляющіе то опускаться одну часть ея, то снова подниматься, вызывая тѣмъ самымъ то пониженіе водъ, то поднятіе ихъ вверхъ».

Галилею пришлось снова вернуться къ этой теоріи, пытающейся объяснить приливъ и отливъ въ океанѣ вращательнымъ движеніемъ земли, выразить ее точнѣе и болѣе детально.

Объясненіе оказалось непріемлемымъ, ибо, согласно ему, интервалъ между двумя приливами долженъ былъ быть равенъ половинѣ солнечнаго дня въ то время, какъ наблюденія показывали, что онъ равенъ половинѣ луннаго дня. При всемъ томъ Галилей продолжалъ выдавать это объясненіе за одно изъ лучшихъ доказательствъ движенія земли и тѣ, которые вмѣстѣ съ нимъ допускали дѣйствительность этого движенія, охотно повторяли за нимъ этотъ аргументъ. Это дѣлаетъ, напримѣръ, Гассенди въ своемъ

---

[1]) Caelii Calcagnini Ferrarensis Opera aliqot Basileae, MDXLIV.

[2]) Диссертація эта, адресованная Бонавентури Пистофиле не имѣетъ даты. Въ сочиненіяхъ Кальканини за ней слѣдуетъ другая диссертація, адресованная тому же лицу и датированная январемъ 1625 года. Первая диссертація принадлежитъ, вѣроятно, болѣе раннему времени.

[3]) Calcagnini Opera, стр. 392.

сочиненіи De motu impresso a motore translato, напечатанномъ въ Парижѣ въ 1641 году.

Противники Коперника естественно ссылались въ объясненіе явленій прилива и отлива на притяженіе луны, такъ какъ это объясненіе не предполагало вращенія земли.

Изъ наиболѣе ожесточенныхъ противниковъ системы Коперника слѣдуетъ упомянуть о Моренѣ, который съ равнымъ рвеніемъ стремился реставрировать астрологію и составлять гороскопы. На сочиненіе Гассенди, въ которомъ ему причудилось нападеніе лично на него, онъ отвѣтилъ пасквилемъ, озаглавленнымъ: Alae telluris fractae, гдѣ онъ теоріи Галилея противопоставлялъ магнитную теорію явленій прилива и отлива.

Разность между уровнемъ моря во время прилива и уровнемъ его во время отлива очень велика во время полнолунія или новолунія и, наоборотъ, очень мала въ первой или четвертой четверти ея. Эта разница между живой водой и мертвой водой очень смущала до этихъ поръ сторонниковъ магнитной философіи.

Моренъ далъ ей объясненіе, которое онъ вывелъ, по его словамъ изъ принциповъ астрологіи. Она объясняется взаимодѣйствіемъ солнца и луны. Какъ во время соединеній, такъ и во время противостояній этихъ планетъ силы ихъ имѣютъ направленіе той же прямой, которая проходитъ черезъ землю, а, вѣдь, это «общеизвѣстная аксіома, что соединенныя силы дѣйствуютъ сильнѣе, чѣмъ взятыя въ отдѣльности».

Въ подтвержденіе того, что солнце играетъ именно указываемую имъ роль въ измѣненіяхъ явленій прилива и отлива, Моренъ ссылался на принципы астрологіи. И дѣйствительно, неоспоримо то, что именно астрологамъ принадлежитъ честь подготовки во всѣхъ частяхъ Ньютоновой теоріи явленій прилива и отлива, между тѣмъ какъ сторонники раціональныхъ научныхъ методовъ, перипатетики, атомисты и картезіанцы въ первое время оспаривали ее.

Принципы, на которые ссылался Моренъ, были, впрочемъ, весьма древняго происхожденія. Уже Птоломей допускалъ въ своемъ сочиненіи Opus quadripartitum, что положеніе солнца относительно луны можетъ усиливать и ослаблять вліяніе этой звѣзды. И это мнѣніе передавалось отъ поколѣнія къ поколѣнію, вплоть до Гаспара Контарини, учившаго, что «солнце оказываетъ какое-то дѣйствіе, способное поднимать или опускать

воды моря» [1]) вплоть до Дюрэ [2]), писавшаго, что «вполнѣ очевидно, что солнце и луна сильно вліяютъ на это движеніе и волненіе моря», до Джильберта [3]), который аппелировалъ къ помощи луны, «вспомогательной рати солнца» и который заявлялъ, что солнце способно усилить дѣйствіе луны въ моменты новолунія и полнолунія».

Вѣрные своему раціонализму, послѣдователи школы перипатетиковъ старались объяснить эту разницу между живой водой и мертвой водой, не приписывая никакой таинственной силы солнцу. Альбертусъ Магнусъ [4]) старался объяснить все исключительно измѣненіемъ свѣта, получаемаго луной отъ солнца, вслѣдствіе относительнаго положенія ихъ обоихъ. Дѣлая попытку раціональнаго объясненія того же рода, Thimon le Juif [5]), по меньшей мѣрѣ, предвидѣлъ великую истину: онъ допустилъ единовременное существованіе двоякаго рода приливовъ и отливовъ, зависящихъ отъ луны и зависящихъ отъ солнца; первые онъ приписывалъ образованію воды, вызванному холодомъ луны, а вторые волненію воды, вызванному теплотой солнца.

Но слѣдуетъ признать, что только у врачей и астрологовъ XVI столѣтія получила точное выраженіе и стала плодотворно вліять идея двухъ видовъ приливовъ и отливовъ, равнаго рода, но не равной интенсивности—одного рода, вызываемаго луной, и другого, вызываемаго солнцемъ. Только они стали объяснять различныя измѣненія приливовъ и отливовъ совпаденіемъ или несовпаденіемъ этихъ двухъ родовъ ихъ.

Идея эта была формально провозглашена уже въ 1528 году, далматскимъ дворяниномъ Фредерикомъ Грисогономъ [6]) изъ Зара, котораго Ганнибалъ Раймондо намъ рекомендуетъ, какъ «великаго врача, философа и астролога».

---

[1]) Gasparis Contarini De elementis eorumque mixtionibus libri II; Lutetiae MDXLVIII.

[2]) Claude Duret: Discours de la verité... Paris, 1600, стр. 236.

[3]) Gulielmi G.lberti De mundo nostro philosophia nova, стр. 309 и 313.

[4]) Alberti Magni De causis proprietatum elementorum liber unus; tract. II c. VI. B. Alberti Magni, Opera omnia, Lugduni, 1651; t. V, стр. 306.

[5]) Quaestiones super quatuor libros meteorum compilatae per doctissimum philosophum professorem Thimonem, Lutetiae, 1516 et 1518; J. II, quaest II.

[6]) Federici Chrisogoni nobilis Jadertini de artificioso modo collegiandi, pronosticandi et curandi febres et de prognosticis aegritudinum per dies criticos necnon de humana felicitate, ac denique de fluxu et refluxu maris; Venetiis, impr. a Joan. A de Sabio, 1528.

Въ сочиненіи, посвященномъ обсужденію критическихъ дней болѣзней, онъ выставляетъ слѣдующій принципъ: «солнце и луна притягиваютъ къ себѣ волны моря такъ, что въ направленіи, перпендикулярномъ къ каждому изъ этихъ небесныхъ тѣлъ, высота волны наибольшая; существуетъ поэтому, для каждаго изъ нихъ два максимума—одинъ подъ звѣздой, а другой на противоположной сторонѣ, что называется надиромъ этой звѣзды». И Фредерикъ Грисогонъ описываетъ вокругъ земного шара два элипсоида вращенія—одинъ, большая ось котораго направлена къ солнцу, и другой съ большой осью, направленной къ лунѣ. Каждый изъ этихъ двухъ элипсоидовъ изображаетъ форму, которую получило бы море, если бы оно подвергалось воздѣйствію одного только изъ этихъ двухъ небесныхъ тѣлъ; сложеніемъ обоихъ элипсоидовъ объясняются всѣ различныя особенности приливовъ и отливовъ.

Теорія Фредерика Грисогона получила большое распространеніе. Въ 1557 году ее излагаетъ въ общихъ чертахъ знаменитый математикъ, врачъ и астрологъ Джеронимо Кардано [1]). Около того же времени Фредерикъ Дельфино преподаетъ въ Падуѣ теорію приливовъ, исходящую изъ того же принципа [2]). 30 лѣтъ спустя Паоло Галлучи воспроизводитъ теорію Фредерика Грисогона [3]), Ганнибалъ Раймондо [4]) излагаетъ и комментируетъ оба ученія—Грисогона и Дельфино. Наконецъ, въ концѣ XVI столѣтія Клодъ Дюрэ [5]) нагло обнародываетъ ученіе Дельфино подъ своимъ собственнымъ именемъ.

Гипотеза дѣйствія солнца на воды моря, дѣйствія, совершенно сходнаго съ дѣйствіемъ луны, была уже провѣрена, привела уже къ весьма удовлетворительной теоріи прилива и отлива, когда Моренъ воспользовался ей въ своемъ пасквилѣ противъ Гассенди.

Гассенди съ ожесточеніемъ выступаетъ противъ магнитной силы, съ которой луна притягиваетъ будто бы земныя воды. Но еще

---

[1]) Hieronymi Cardani De rerum varietate libri XVII; Basileae, MDLVII, I. II cap. XIII.

[2]) Federici Delphini De fluxu et refluxu aquae maris; Venetiis MDLIX; deuxième édition, Basileae, MDLXXVII.

[3]) Pauli Gallucii Theatrum mundi et temporis MDLXXXVIII, стр. 70.

[4]) Annibale Raimondo: Trattato del flusso e reflusso del mare, in Venetia, 1589.

[5]) Discours de la vérité des causes et effects, des divers cours, mouvements, flux, reflux et saleure de la mer Océane mer Méditerrannée et autres mers de la Terre, par M. Claude Duret, conseiller du Roy, et premier juge au siège présidial de Moulins en Bourbonnais. A Paris, chez Jacques Reze, MDC.

съ большимъ ожесточеніемъ онъ нападаетъ на [1]) новую гипотезу, формулированную Мореномъ. «Обыкновенно разсматриваютъ влажность, какъ результатъ дѣйствія луны, а относительно солнца предполагается, что оно не вызываетъ это дѣйствіе, а задерживаетъ его. Но Морену хочется, чтобы солнце поддерживало дѣйствіе луны. Онъ заявляетъ, что дѣйствія солнца и луны усиливаютъ другъ друга. Онъ предполагаетъ, слѣдовательно, что дѣйствія солнца и луны обусловлены одинаково, или, какъ выражаются, имѣютъ одну и ту же специфическую природу. По отношенію къ тому явленію, которое въ данномъ случаѣ насъ интересуетъ, это означаетъ, что если дѣйствіе луны выражается въ притяженіи водъ земныхъ, то таково же должно быть и дѣйствіе солнца».

Въ тотъ самый 1643 годъ, въ который Гассенди объявилъ столь необычной гипотезу, что луна и солнце могутъ оказывать аналогичныя дѣйствія притяженія, гипотеза эта была снова формулирована, но въ обобщенномъ и расширенномъ видѣ, въ видѣ допущенія всемірнаго тяготѣнія. Этимъ допущеніемъ, столь многозначительнымъ, мы обязаны Робервалю. Не имѣя смѣлости открыто заявить о немъ подъ собственнымъ своимъ именемъ, онъ выдалъ себя лишь за издателя и комментатора сочиненія [2]), написаннаго будто бы Аристархомъ изъ Самоса.

«Матерія, наполняющая пространство между небесными свѣти-

---

[1]) Gassendi Epistolae tres de motu impresso a motore translato, Epistola III, art, XVI, Parisiis, 1643.—Petri Gassendi Diniensis Opuscula philosophica, t. III, стр. 534. Lugduni, 1658.

[2]) Aristarchi Samii De Mundi systemate, partibus et motibus cujusdem liber singularis. Addictae sunt AE. P. de Roberval notae in eundem libellum. Parisiis, 1644. Сочиненіе это было отпечатано Мерсенномъ въ 1647 году въ III томѣ своихъ Cogitata physico-mathematica.—Если точно истолковывать мысль Роберваля, то въ его системѣ вовсе не слѣдуетъ, мнѣ кажется, видѣть теорію всемірнаго тяготѣнія. Части межпланетной матеріи притягиваютъ только части той же самой матеріи. Части земныя притягиваютъ только части земныя, части системы Венеры—только части этой системы и т. д. Во всякомъ случаѣ здѣсь есть уже взаимное притяженіе между системой земли и системой луны, между системой Юпитера и его спутниками. Примѣненіе Робервалемъ принципа Архимеда къ равновѣсію планетной системы внутри межпланетной матеріи было бы тогда совершенно ошибочнымъ. Но подобная ошибка представляетъ собой частое явленіе въ трудахъ математиковъ XVI вѣка и ее можно найти даже въ первыхъ работахъ Галилея.—Декартъ (Descartes: Correspondance, edition P. Tannery et Ch. Adam, t. IV, стр. 399 lettre de Descartes á Mersenne datée du 20 avril 1646) въ критикѣ, которой онъ подвергъ систему Роберваля, понялъ ее такъ, будто она основана на допущеніи всемірнаго тяготѣнія: „Denique aliam inesse praeterea similem proprietatem in omnibus et singulis terrae, aquae, aerisque partibus vi cujus ad se invicem ferantur, et se

лами и между частями каждаго изъ нихъ въ отдѣльности, утверждаетъ Роберваль, обладаетъ однимъ опредѣленнымъ свойствомъ или опредѣленной акциденціей. Силой этого свойства матерія эта оказывается соединенной въ одномъ и томъ же тѣлѣ, всѣ части этого тѣла постоянно притягиваются другъ къ другу, вслѣдствіе чего онѣ и оказываются объединенными въ одно цѣлое и могутъ быть отдѣлены другъ отъ друга лишь большей силой. Будь эта матерія одна, не находись она въ опредѣленной связи съ солнцемъ и другими планетами, она—если принять это допущеніе—концентрировалась бы въ совершенный шаръ и, получивъ точную фигуру послѣдняго, она оставалась бы въ равновѣсіи только при этомъ условіи. При такой фигурѣ центръ дѣйствія совпадалъ бы съ центромъ фигуры. Къ этому центру стремились бы всѣ части матеріи вслѣдствіе собственнаго своего стремленія или желанія, какъ и взаимнаго притяженія всѣхъ частей. Происходило бы это не силой самаго центра, какъ это полагаютъ люди невѣжественные, а силой всей системы, различныя части которой расположены равномѣрно вокругъ этого центра».

«Всей системы земли и элементамъ земнымъ и каждой части этой системы присуща извѣстная акциденція или извѣстное свойство, сходное со свойствомъ, которое мы приписали системѣ міра, взятой въ цѣломъ. Силой этого свойства всѣ части этой системы соединяются въ одну массу и взаимно другъ къ другу притягиваются. Они, дѣйствительно, соединены въ одно цѣлое и могутъ быть раздѣлены только большей силой. Но различныя части земныхъ тѣлъ обладаютъ этимъ свойствомъ или этой акциденціей въ неравной степени, обладая имъ въ тѣмъ большей степени, чѣмъ онѣ плотнѣе... Въ трехъ тѣлахъ, которыя мы называемъ землей, водой и воздухомъ, свойство это есть именно то, что мы обыкновенно называемъ тяжестью или легкостью; ибо для насъ легкость есть лишь меньшая тяжесть въ сравненіи съ большей».

Подобныя же разсужденія Роберваль повторяетъ относительно солнца и другихъ небесныхъ тѣлъ, такъ что ровно сто лѣтъ спустя послѣ опубликованія книги Коперника De revolutionibus orbium coelestium была уже формулирована гипотеза всемірнаго тяготѣнія.

---

reciproce attrahant; adeo ut hae (similique etiam modo aliae omnes quae aliquos planetas componunt vel circumdant) singulae duas ejusmodi habeant vires, unam quae ipsas cum aliis partibus sui planetae, aliam quae easdem cum reliquis partibus Universi conjungat".

Но гипотеза эта была однако несовершенна еще, страдая однимъ пробѣломъ. Какому закону подчинено взаимное притяженіе двухъ матеріальныхъ частицъ, когда разстояніе между этими двумя тѣлами возрастаетъ? Роберваль не далъ отвѣта на этотъ вопросъ. Но этотъ отвѣтъ не могъ замедлить явиться,—или лучше говоря—если онъ не былъ еще формулированъ, то это потому, что онъ былъ ясенъ для всѣхъ.

Аналогія между дѣйствіями, исходящими изъ небесныхъ свѣтилъ и свѣтомъ, изъ нихъ исходящимъ, была для физиковъ и астрологовъ среднихъ вѣковъ и эпохи Возрожденія по истинѣ общимъ мѣстомъ. Большинство ученыхъ изъ школы перипатетиковъ доводили эту аналогію до того, что они видѣли здѣсь неразрывную связь или даже тождество. Уже Скалигеръ [1]) видѣлъ себя вынужденнымъ возстать противъ этихъ преувеличеній. «Звѣзды, говоритъ онъ, могутъ дѣйствовать безъ помощи свѣта; магнитъ дѣйствуетъ безъ свѣта; во сколько разъ великолѣпнѣе дѣйствуютъ звѣзды!».

Тождественны ли онѣ со свѣтомъ или нѣтъ, во всякомъ случаѣ всѣ силы, всѣ species его субстанціальной формы, которыя тѣло испускаетъ вокругъ себя въ пространство, должны распространяться или размножаться, какъ выражались въ средніе вѣка, по однимъ и тѣмъ же законамъ. Уже въ XII столѣтіи Рожеръ Бэконъ [2]) попытался дать общую теорію этого распространенія. Распространеніе это происходитъ по прямымъ линіямъ [3]) или пользуясь современнымъ выраженіемъ, сферическими волнами въ совершенно однородной средѣ. Будь онъ такимъ же хорошимъ математикомъ, какими, по его мнѣнію, должны были бы быть физики, Бэконъ безъ труда сдѣлалъ бы слѣдующій выводъ изъ своихъ разсужденій [4]): сила подобной species всегда обратно пропорціональна квадрату разстоянія отъ источника своего. Такой законъ былъ бы естественнымъ выводомъ изъ аналогіи, допущенной между распространеніемъ дѣйствія этихъ силъ и распространеніемъ свѣта.

Ни одинъ астрономъ, пожалуй, не настаивалъ въ такой мѣрѣ на этой аналогіи, какъ Каплеръ. Вращеніе солнца есть для него

---

[1]) Julii — Caesaris Scaligeri De subtilitate adversus Cardanum, Exerc tatio LXXXV.

[2]) Rogerii Bacconnis Angli Specula mathematica in qua de specierum multi plicatione, earumdemque in inferioribus virtute agitur; Francofurti, MDCXIV.

[3]) Roger Bacon: Loc. cit., dist. II, cc. I, II, III.

[4]) Roger Bacon: Loc cit., dist. III. c. II.

причина вращенія планетъ. Солнце сообщаетъ имъ извѣстное качество, извѣстное сходство со своимъ движеніемъ, нѣкоторую species motus, которая должна и ихъ приводить въ движеніе. Эта species motus, эта virtus movens не тождественна съ солнечнымъ свѣтомъ, но находится въ извѣстной родственной связи съ нимъ [1]); она пользуется имъ, можетъ быть, какъ инструментомъ или средствомъ передвиженія.

Но интенсивность испускаемаго небеснымъ свѣтиломъ свѣта измѣняется обратно пропорціонально квадрату разстоянія отъ этого свѣтила; это—положеніе извѣстное со времени античной древности, содержащееся въ сочиненіи по оптикѣ, приписываемомъ Эвклиду, и доказанное Кеплеромъ [2]). Аналогія требовала, чтобы испускаемая солнцемъ virus movens измѣнялась обратно пропорціонально квадрату разстоянія отъ этого свѣтила. Но динамика, которой пользуется Кеплеръ, есть еще античная динамика Аристотеля. Сила, приводящая въ движеніе тѣло, пропорціональна скорости этого тѣла. Вслѣдствіе этого законъ поверхностей, открытый Кеплеромъ, приводитъ его къ слѣдующему положенію: virtus movens, которой подчинена планета, измѣняется обратно пропорціонально первой степени разстоянія ея отъ солнца.

Такого рода измѣненіе, весьма мало согласующееся съ аналогіей между испускаемой солнцемъ species motus и испускаемымъ имъ свѣтомъ, не могло не смущать Кеплера и вотъ онъ силится [3]) согласовать его съ этой аналогіей, между прочимъ, при помощи слѣдующаго замѣчанія: свѣтъ распространяется въ пространствѣ по всѣмъ направленіямъ, между тѣмъ какъ virtus motrix распространяется только въ плоскости солнечнаго экватора; интенсивность перваго обратно пропорціональна квадрату разстоянія отъ источника, а интенсивность второй обратно пропорціональна первой степени этого разстоянія; оба эти различныхъ закона выражаютъ, какъ въ первомъ, такъ и во второмъ случаѣ

---

[1]) Joannis Kepleri De motibus stellae Martis commentarii, c. XXXIV.— Joannis Kepleri Opera omnia, t. III, стр. 302—Epitome Astronomiae Copernicanae; T. IV, II part., art. 3.—Joannis Kepleri Opera omnia, t. VI, стр. 347.

[2]) Joannis Kepleri Ad Vitellium paralipomena quibus Astronomiae pars optica traditur; Francofurti, 1604, c. I, prop. IX.—Joannis Kepleri Opera omnia, t. II, стр. 133.

[3]) Joannis Kerleri Commentarii de motibus stellae Martis, c. XXXVI.— Kepleri Opera omnia t. III, стр. 302, 309.—Epitome Astronomiae Copernicanae, IV, II-e part., art. 3.—Kepleri Opera omnia, t. VI, стр. 349.

одну и ту же истину: все количество свѣта или species motus ни мало не теряется на пути своего распространенія.

Даже объясненія Кеплера намъ показываютъ, съ какой силой законъ обратной пропорціональности квадрату разстоянія прежде всего ему приходитъ въ голову, когда дѣло идетъ объ интенсивности какого-нибудь качества, которое тѣло испускаетъ вокругъ себя по всѣмъ направленіямъ. Столь же очевиднымъ этотъ законъ долженъ былъ казаться и его современникамъ. Ismaël Boulliau прежде всего провозгласилъ его для свѣта и затѣмъ не замедлилъ распространить его на virtus motrix, съ которой по Кеплеру солнце дѣйствуетъ на планеты: «Сила эта, говоритъ онъ [1]), съ которой солнце схватываетъ или удерживаетъ планеты и которой оно пользуется, какъ тѣлесными руками, распространяется по прямой линіи во всемъ міровомъ пространствѣ; будучи какъ бы нѣкораго рода species солнца, она вращается вмѣстѣ съ тѣломъ его; будучи тѣлесной, она уменьшается и ослабляется съ увеличеніемъ разстоянія и уменьшается она, подобно свѣту, обратно пропорціонально квадрату разстоянія».

Дѣйствіе virtus motrix, о которой говоритъ Boulliau и которую мы встрѣчаемъ у Кеплера, направлено не отъ планетъ къ солнцу, а перпендикулярно къ этому направленію. Это не притяженіе, подобное тому, какое допускаетъ Роберваль и съ которымъ мы встрѣтимся у Ньютона, но мы ясно видимъ, что физики XVII столѣтія, обсуждая притяженіе двухъ тѣлъ, съ самаго же начала приходятъ къ допущенію, что это притяженіе обратно пропорціонально квадрату разстоянія между этими двумя тѣлами.

Второй примѣръ представляютъ работы Атаназіуса Кирхера о магнитѣ [2]); аналогія между свѣтомъ, испускаемымъ какимъ-нибудь источникомъ свѣта, и силой, исходящей изъ каждаго изъ двухъ полюсовъ магнита, склоняетъ его къ закону, что интенсивность того и другого качества возрастаетъ обратно пропорціонально квадрату разстоянія. Если онъ не соглашается съ этимъ допущеніемъ ни для магнитизма, ни для свѣта, то это потому, что изъ него вытекаетъ возможность распространенія дѣйствія того и другого ка-

---

[1]) Ismaelis Bullialdi, Astronomia Philolaica, Parisiis 165 стр. 23.

[2]) Athanasii Kircheri Magnes, sive de arte magnetica; Romae 1641, T. I, prop. XVII, XIX, XX. Въ положеніи XX Кирхеръ говоритъ о возрастаніи силы обратно пропорціонально разстоянію, но это простой lapsus, вызванный тѣмъ, что, говоря о шаровыхъ поверхностяхъ, Кирхеръ выразилъ ихъ черезъ дуги круга. При всемъ томъ мысль автора вполнѣ ясна.

чества до безконечности, между тѣмъ какъ онъ допускаетъ для каждаго изъ нихъ опредѣленную сферу дѣйствія, за предѣлами которой оно безусловно отсутствуетъ.

Такимъ образомъ съ первой половины XVII столѣтія всѣ матеріалы для построенія гипотезы всемірнаго тяготѣнія были собраны, распредѣлены и готовы къ примѣненію. Но никому и въ голову не приходитъ, какое широкое распространеніе будетъ дано этому примѣненію. Магнитная сила, съ которой различныя части матеріи притягиваются другъ къ другу, служитъ для объясненія явленій паденія тяжелыхъ тѣлъ, какъ и явленій прилива и отлива. Никому и въ голову не приходитъ еще воспользоваться ей для описанія движеній небесныхъ тѣлъ. Даже напротивъ, когда физики приступаютъ къ рѣшенію проблемы механики неба, эта притягательная сила имъ только мѣшаетъ.

Происходитъ это потому, что наука, которая должна помочь имъ своими принципами, именно динамика, находится еще въ періодѣ младенчества. Находясь еще всецѣло подъ вліяніемъ ученій Аристотеля, изложенныхъ имъ въ книгѣ De Coelo, они представляютъ себѣ силу, подъ дѣйствіемъ которой планета вращается вокругъ солнца, на подобіе лошади въ манежѣ: направленная въ каждый моментъ, подобно скорости движущагося тѣла, она пропорціональна этой скорости. Именно на основаніи этого принципа Кардано [1]) сравниваетъ дѣйствіе жизненнаго принципа, который приводитъ въ движеніе планету Сатурнъ, съ дѣйствіемъ жизненнаго принципа, который приводитъ въ движеніе луну: вычисленіе довольно наивно еще, но это—первый образецъ разсужденій, которыя послужатъ для построенія механики неба.

Находясь еще всецѣло подъ вліяніемъ принциповъ, которыми руководился Кардано въ своихъ вычисленіяхъ, математики XVI и первой половины XVII столѣтій не знаютъ еще, что планета, разъ приведенная въ движеніе, вовсе не должна притягиваться въ направленіи своего движенія, чтобы описать кругъ въ равномѣрномъ движеніи; напротивъ того, для этого необходимо, чтобы притяженіе къ центру круга удерживало ее на ея траэкторіи и мѣшало ей удалиться по касательной къ ней. Поэтому, механика неба находится всецѣло подъ вліяніемъ слѣдующихъ двухъ предразсудковъ: во-первыхъ, каждой планетѣ приписывается сила, дѣйствіе кото-

---

[1]) Hieronymi Cardani. Opus novum de proportionibus; Basileae 1570; prop. CLXIII, стр. 165.

рой перпендикулярно къ радіусу-вектору, исходящему отъ солнца,— сила, запряженная, такъ сказать, въ этотъ радіусъ-векторъ, какъ манежная лошадь—въ возжи, которыми она управляется; во-вторыхъ, избѣгается притяженіе солнцемъ планеты, которое, казалось, бросило бы оба свѣтила другъ къ другу.

Кеплеръ усматриваетъ virtus motrix въ качествѣ, въ species motus, источникомъ которой является солнце. Что же касается магнитнаго притяженія, которымъ онъ такъ хорошо воспользовался для объясненія явленій тяжести и прилива и отлива, то онъ обходитъ его совершенно молчаніемъ, когда рѣчь идетъ о движеніяхъ небесныхъ свѣтилъ. Декартъ замѣняетъ species motus вихревымъ движеніемъ эфира. «Но Кеплеръ [1]) такъ хорошо подготовилъ здѣсь все, что установленіе согласія между корпускулярной философіей и астрономіей Коперника не представляло большого труда для Декарта».

Во избѣжаніе того вывода, что притяженіе должно бросить планеты на солнце, Робервать погружаетъ всю систему міра въ эфирную среду, въ которой дѣйствуютъ тѣ же силы притяженія и которая болѣе или менѣе разрѣжена подъ дѣйствіемъ лучей солнца. Каждая планета, окруженная своими элементами, сохраняетъ внутри этой среды то положеніе равновѣсія, которое предписывается ей принципомъ Архимеда. Кромѣ того, движеніе солнца вслѣдствіе тренія вызываетъ въ нѣдрахъ этого эфира вихрь, увлекающій за собой планеты точно такъ, какъ species motus, на которую ссылался Кеплеръ.

Въ системѣ Борелли [2]) мы находимъ вліяніе и Робервала и Кеплера. Подобно Кеплеру, Борелли ищетъ силу, которая увлекала бы каждую планету по ея траэкторіи, въ силѣ, исходящей изъ солнца, переносимой свѣтомъ ея и съ интенсивностью, обратно пропорціональной разстоянію между двумя небесными свѣтилами. Вмѣстѣ же съ Робервалемъ онъ принимаетъ [3]), что «каждой планетѣ присущъ естественный инстинктъ, подъ вліяніемъ котораго она стремится приблизиться къ солнцу по прямой линіи. Такимъ же образомъ всякое тяжелое тѣло вслѣдствіе естественнаго

---

[1]) Leibniz: Lettre á Molanus (?) (Oeuvres de Leibniz. Edition Gerhardt, t. IV, стр. 301).

[2]) Alphonsi Borelli Theoriae Mediceorum planetarum ex causis physicis deductae, Florentiae, 1665. — Ernst Goldbeck: Die Gravitations — hypothese bei Galilei und Borelli, Berlin, 1897.

[3]) Borelli: Loc cit, стр. 76

инстинкта стремится приблизиться къ нашей землѣ, толкаемое тяжестью, сближающей его съ землей; такимъ же образомъ желѣзо движется по прямой линіи къ магниту».

Силу эту, относящую планету къ солнцу, Борелли сравниваетъ съ тяжестью. Не похоже на то, чтобы онъ отождествлялъ ее съ этой послѣдней. Вслѣдствіе этого его система уступаетъ системѣ Роберваля. Уступаетъ она ей и въ томъ, что она предполагаетъ притяженіе, оказываемое планетой, не зависимымъ отъ разстоянія этой послѣдней отъ солнца. Но въ одномъ пунктѣ она превосходитъ ее: чтобы уравновѣсить эту силу, чтобы воспрепятствовать планетѣ упасть на солнце, она не ссылается уже на давленіе эфирной среды, въ которой планета находится въ состояніи равновѣсія, согласно принципу Архимеда, а ссылается на примѣръ камня, вращаемаго въ кругѣ и сильно натягивающаго нить, къ которой онъ привязанъ; чтобы уравновѣсить [1]) инстинктъ, съ которымъ планета стремится къ солнцу, она противополагаетъ ему тенденцію каждаго тѣла удалиться отъ центра вращенія, такъ называемую vis repellens, которую она принимаетъ обратно пропорціональной радіусу орбиты.

Идея Борелли существенно отличается отъ мнѣній, на которыхъ остановились его непосредственные предшественники. Но развѣ онъ совсѣмъ не имѣлъ предшественниковъ? Не натолкнулся ли Борелли при чтеніи старыхъ авторовъ на мысли, которыя дали толчекъ этой идеѣ его? Аристотель [2]) сообщаетъ намъ, что Эмпедоклъ объяснялъ покой земли быстрымъ вращеніемъ неба. «Такъ, напр., вода не выливается изъ сосуда, который вращается; она не выливается даже тогда, когда сосудъ перевернутъ дномъ вверхъ, ибо этому мѣшаетъ вращеніе». Затѣмъ въ сочиненіи, которое усердно читалось древними астрономами и которое Кеплеръ перевелъ и снабдилъ своими комментаріями, Плутархъ [3]) выражается слѣдующимъ образомъ: «Луна не падаетъ на землю, благодаря собственному своему движенію и быстротѣ вращенія; точно также предметы, помѣщенные въ пращѣ, не выпадаютъ изъ него при быстромъ вращеніи въ кругѣ; природа (тяжесть) увлекаетъ въ движеніе всѣ тѣла за исключеніемъ тѣхъ случаевъ, когда другое движеніе сильнѣе; но тяжесть не приводитъ въ движеніе луны,

---

[1]) Borelli: Loc. cit., p. 47.

[2]) Aristoteles: Περὶ οὐρανοῦ, B, αγ.

[3]) Plutarch: Περὶ τοῦ ἐμφαινομένου προσώπου τῷ κύκλῳ τῆς σελήνης, Z.

ибо вслѣдствіе вращательнаго движенія она теряетъ эту свою силу». Болѣе ясно выразить гипотезу, которую впослѣдствіи принялъ Борелли, врядъ ли было возможно.

При всемъ томъ это обращеніе къ центробѣжной силѣ было геніальной идеей. Къ несчастію, Борелли не сумѣлъ извлечь изъ нея пользу. Онъ не знаетъ точныхъ законовъ ея даже въ томъ случаѣ, когда движущееся тѣло описываетъ кругъ въ равномѣрномъ движеніи. Тѣмъ труднѣе ему вычислить ее въ случаѣ, когда тѣло движется по эллипсу, согласно законамъ Кеплера. Не можетъ онъ также вывести эти законы дедуктивно изъ формулированныхъ имъ гипотезъ.

Въ 1674 году секретаремъ Королевскаго Общества въ Лондонѣ былъ физикъ Гукъ [1]). И его занимаетъ проблема, надъ разрѣшеніемъ которой работали Кеплеръ, Роберваль и Борелли. Онъ знаетъ, что «всякое тѣло, разъ приведенное въ движеніе, продолжаетъ двигаться до безконечности, равномѣрно и по прямой линіи, покуда не являются другія силы, подъ дѣйствіемъ которыхъ путь его изгибается въ кругъ, эллипсъ или какую-нибудь другую, болѣе сложную кривую». Знаетъ онъ также, какими силами опредѣляются траэкторіи различныхъ небесныхъ тѣлъ: «Всѣ безъ исключенія небесныя тѣла обладаютъ способностью притяженія или тяжестью, дѣйствіе которой направлено къ ихъ центру. Благодаря этой способности, они не только удерживаютъ собственныя свои части, мѣшая имъ удалиться въ пространство, какъ мы это видимъ здѣсь на землѣ, но они притягиваютъ еще всѣ другія небесныя тѣла, находящіяся въ сферѣ ихъ дѣйствія. Вслѣдствіе этого не только солнце и луна вліяютъ на движеніе и скорость земли и наоборотъ, но и Меркурій, Венера, Марсъ, Юпитеръ и Сатурнъ имѣютъ значительное вліяніе на движеніе земли, какъ и земля имѣетъ значительное вліяніе на ихъ движенія». Наконецъ, Гукъ знаетъ и то, что «силы притяженія проявляются съ тѣмъ большей энергіей, чѣмъ ближе тѣла, которыя подвергаются ихъ дѣйствію, къ центру этого тѣла, изъ котораго эти силы исходятъ». Онъ признаетъ, что «онъ не опредѣлилъ еще на опытѣ, какъ эта сила возрастаетъ съ приближеніемъ къ центру». Но уже и въ этотъ моментъ онъ допускаетъ, что интенсивность этой способности притяженія обратно пропорціональна квадрату разстоянія, хотя онъ

---

[1]) Hooke: On attempt to prove to annual motion of the Earth; London 1674

обнародовалъ этотъ законъ лишь въ 1678 году. Утвержденіе его по этому вопросу тѣмъ болѣе вѣроятно, что другой членъ Королевскаго Общества, Вренъ, по свидѣтельству Ньютона и Галлея, обладалъ уже этимъ закономъ. И Гукъ и Вренъ вывели его, безъ сомнѣнія, изъ сравненія тяжести со свѣтомъ-сравненія,на основаніи котораго около этого же времени предполагалъ его уже и Галлей.

Но съ 1672 года Гукъ обладаетъ уже всѣми постулатами, которые должны послужить къ построенію системы всемірнаго тяготѣнія. Но онъ не можетъ извлечь изъ этихъ постулатовъ всей возможной пользы. Затрудненіе, которое помѣшало Борелли, мѣшаетъ и ему. Онъ не можетъ опредѣлить величины и направленія криволинейнаго движенія, вызваннаго перемѣнной силой. Онъ вынужденъ, поэтому, опубликовать свои гипотезы, мало еще плодотворныя, въ надеждѣ, что найдется математикъ, болѣе способный использовать ихъ: «Это—идея, которая, будучи развита, какъ она того заслуживаетъ, не можетъ не оказаться весьма полезной астрономамъ, чтобы при помощи ея подвести всѣ небесныя движенія подъ одно опредѣленное правило; иначе получить это правило, я думаю, не удастся никогда. Тѣ, которые знаютъ теорію колебательныхъ движеній маятника и кругового движенія, легко поймутъ, на какой основѣ покоится излагаемый мною здѣсь общій принципъ, и имъ удастся найти въ природѣ средства, чтобы выяснить истинный физическій характеръ его».

Для выполненія подобнаго рода работы безусловно необходимо было знаніе общихъ законовъ, устанавливающихъ зависимость криволинейнаго движенія отъ вызывающихъ его силъ. Въ моментъ же, когда появилась работа Гука, законы эти были формулированы. Къ открытію ихъ привело изученіе колебаній маятника. Въ 1673 году Гюйгенсъ [1]) опубликовалъ свою работу о часахъ съ маятникомъ. Теоремы, которыми заканчивается эта работа, даютъ средство для рѣшенія—по крайней мѣрѣ, для круговыхъ траэкторій—проблемъ, которыя не могли быть разрѣшены Борелли и Гукомъ.

Изслѣдованіямъ, имѣвшимъ своимъ предметомъ механическое объясненіе движеній небесныхъ тѣлъ, работа, опубликованная Гюйгенсомъ, дала новый и плодотворный толчекъ. Въ 1689 году Лейбницъ [2]) вновь предлагаетъ теорію, аналогичную теоріи Борелли.

---

[1]) Christiani Hugenii De hororogio oscillatorio; Parisiis, 1673.

[2]) Leibnitii Tentamen de motuum coelestium causis (Acta Eruditorum Lipsiae, anno 1689).

Каждое небесное свѣтило находится подъ дѣйствіемъ притягательной силы, направленной къ солнцу, центробѣжной силы, направленной въ противоположную сторону (величина ея должна быть выведена изъ теоремъ Гюйгенса) и, наконецъ, импульса эфира, въ средѣ котораго оно пребываетъ,—импульса, который Лейбницъ предполагаетъ нормальнымъ къ радіусу-вектору и обратно пропорціональнымъ длинѣ этого радіуса. Этотъ импульсъ играетъ какъ разъ роль virtus motrix, на которую ссылались Кеплеръ и Борелли. Это только перенесеніе ея въ вихревую систему Декарта и Роберваля. При помощи правилъ, формулированныхъ Гюйгенсомъ, Лейбницъ вычисляетъ силу, подъ дѣйствіемъ которой планета должна тяготѣть къ солнцу, если движеніе ея подчинено законамъ Кеплера; онъ находитъ, что она обратно пропорціональна квадрату радіуса-вектора.

Съ другой стороны и Галлей уже съ 1684 года примѣняетъ теоремы Гюйгенса къ гипотезамъ Гука. Принимая орбиты различныхъ планетъ круговыми, онъ констатируетъ, что открытая Кеплеромъ пропорціональность между квадратами временъ оборотовъ планетъ и кубами діаметровъ предполагаетъ слѣдующее условіе: различныя планеты должны быть подчинены силамъ, прямо пропорціональнымъ ихъ массамъ и обратно пропорціональнымъ квадратамъ ихъ разстояній отъ солнца.

Но въ тотъ самый моментъ, когда Галлей предпринимаетъ эти попытки, о которыхъ онъ опубликовалъ лишь послѣ того, какъ Лейбницъ формулировалъ свою теорему, Ньютонъ сообщаетъ Королевскому Обществу въ Лондонѣ первые результаты своихъ разсужденій о механикѣ неба. Въ 1686 году онъ предлагаетъ вниманію этого Общества свою работу Philosophiae naturalis principia mathematica. Въ этой работѣ была въ полномъ объемѣ развита теорія, которая Гукомъ, Вреномъ и Галлеемъ была разработана лишь въ нѣкоторыхъ отдѣльныхъ частяхъ.

Эта теорія, подготовленная многовѣковыми усиліями физиковъ, далеко не внезапно и сразу появилась въ головѣ Ньютона. Уже въ 1665 или 1666 году, семь или восемь лѣтъ раньше, чѣмъ Гюйгенсъ обнародовалъ свою книгу De horologio oscillatorio, Ньютонъ собственными усиліями открылъ законы равномѣрнаго кругового движенія. Какъ это сдѣлалъ впослѣдствіи Галлей въ 1864 году, онъ сопоставилъ эти законы съ третьимъ закономъ Кеплера и констатировалъ, что солнце должно притягивать равныя массы различныхъ планетъ съ силой, обратно пропорціональной квадрату

разстояній ихъ. Но ему хотѣлось болѣе точной провѣрки этого положенія. Ему хотѣлось убѣдиться въ томъ, что, уменьшивъ въ такой пропорціи тяжесть, которую мы констатируемъ на поверхности земли, мы получили бы въ точности силу, способную уравновѣсить центробѣжную силу, стремящуюся увлечь за собой луну. Но размѣры земли были тогда мало установлены; они дали Ньютону въ мѣстѣ, которое занимаетъ луна, величину тяжести, на $^1/_6$ большую ожидаемаго результата. Строгій послѣдователь экспериментальнаго метода, Ньютонъ и не опубликовалъ теоріи, которой данныя наблюденія противорѣчатъ. Къ результатамъ своихъ размышленій онъ до 1682 года не прибавляетъ ничего. Въ этомъ же году Ньютонъ знакомится съ результатами новыхъ геодезическихъ измѣреній, произведенныхъ Пикаромъ. Онъ возобновляетъ свои прежнія вычисленія и на этотъ разъ результатъ получается вполнѣ удовлетворительный: сомнѣнія великаго математика исчезаютъ, и онъ можетъ создать свою удивительную систему. 20 лѣтъ непрестанныхъ размышленій ему понадобились, чтобы создать свою работу, въ которую столь много математиковъ и физиковъ отъ Леонардо да Винчи и Коперника внесли свою лепту.

Разсужденія самыя разнообразныя, ученія самыя различныя возникали одни за другими, ставя себѣ цѣлью конструкцію механики неба: повседневный вульгарный опытъ, который знакомитъ насъ съ тяжестью, научныя измѣренія Тихо де Браге и Пикара и законы, результаты наблюденія, формулированные Кеплеромъ; вихри картезіанцевъ и атомистовъ и раціональная динамика Гюйгенса; метафизическія ученія перипатетиковъ и системы врачей и фантазіи астрологовъ; ученія, сравнивающія тяжесть съ магнитными дѣйствіями, и ученія, сближающія свѣтъ съ взаимными дѣйствіями небесныхъ свѣтилъ. На протяженіи этого длиннаго и обильнаго трудами періода дѣтства мы можемъ наблюдать медленныя и постепенныя преобразованія, которыми шло развитіе теоретической системы, но нѣтъ ни одного момента, въ который мы могли бы констатировать внезапное и ничѣмъ не обусловленное нарожденіе новыхъ гипотезъ.

§ III.—**Физикъ не выбираетъ гипотезъ, на которыхъ онъ обосновываетъ свою теорію, а онѣ зарождаются въ его умѣ помимо него.**

Процессъ развитія науки, приведшій къ созданію системы всемірнаго тяготѣнія, совершался медленно на протяженіи вѣковъ. Мы прослѣдили также шагъ за шагомъ развитіе этой идеи вплоть до той степени совершенства, которую придалъ ей Ньютонъ. Случается иногда, что процессъ развитія теоретической системы чрезвычайно сжимается и достаточно нѣсколько лѣтъ, чтобы гипотезы, на которыхъ должна покоиться теорія, развились изъ первоначальной своей стадіи до степени полной законченности.

Такъ, въ 1819 году, Эрстедъ открываетъ дѣйствіе электрическаго тока на магнитную стрѣлку. Въ 1820 году Араго знакомитъ съ этимъ опытомъ Академію Наукъ. 18 сентября 1820 года Академія выслушиваетъ работу Ампера, въ которой онъ знакомитъ ее съ установленными имъ взаимными дѣйствіями тока. 23 декабря 1823 года ея вниманію предлагается другая работа Ампера, въ которой теоріи электродинамики и электромагнитизма изложены въ окончательной своей формѣ. Сто сорокъ три года отдѣляютъ появленіе книги De revolutionibus orbium coelestium libri sex отъ появленія книги Philosophiae naturalis principia mathematica. Отъ обнародованія опыта Эрстеда до появленія упомянутой работы Ампера не прошло и полныхъ четырехъ лѣтъ. А между тѣмъ, если бы объемъ этой книги позволилъ намъ изложить исторію электродинамическихъ теорій[1]) въ теченіе этихъ четырехъ лѣтъ въ деталяхъ, мы нашли бы здѣсь всѣ характеристическіе признаки, съ которыми насъ познакомило вѣковое развитіе механики неба. Передъ нами не предсталъ-бы геній Ампера, охватывающій однимъ взглядомъ обширную, образовавшуюся экспериментальную область и однимъ свободнымъ творческимъ актомъ выбравшій ту систему гипотезъ, которая опишетъ эти данныя наблюденія. Нѣтъ, мы нашли-бы здѣсь извѣстныя колебанія, движеніе впередъ ощупью и постепенно, всевозможныя частичныя поправки—все, что имѣло мѣсто и на протяженіи тѣхъ полутора вѣковъ, которые отдѣляютъ

---

[1]) Читатель, который пожелалъ бы познакомиться съ этой исторіей, найдетъ всѣ необходимые документы въ томахъ II и III Collection de Mèmoires relatifs à la Physique publies par la Sociéte française de Physique (Mémoires sur l'Electrodynamique, 1885 и 1887).

Ньютона отъ Коперника. Исторія электродинамики въ сильной степени напоминаетъ исторію всемірнаго тяготѣнія. Вся разница въ томъ, что многочисленныя усилія, многократно повторенныя попытки, образующія содержаніе этихъ двухъ исторій, въ первомъ случаѣ были раздѣлены гораздо меньшими промежутками, чѣмъ во второмъ. Произошло это, благодаря черезвычайной плодовитости Ампера, въ теченіе четырехъ лѣтъ чуть ли не каждый мѣсяцъ преподносившаго Академіи новую работу, и благодаря также плеядѣ ученыхъ математиковъ, искусныхъ физиковъ, людей геніальныхъ, работавшихъ вмѣстѣ съ нимъ надъ построеніемъ новаго ученія. Ибо съ именемъ Ампера исторія электродинамики должна соединить не только имя Эрстеда, но и имена Араго, Гемфри Дэви, Біо, Савара, Бабине, Савари, Делярива, Беккереля, Фарадея, Френеля и Лапласа.

Случается и такъ, что исторія отдѣльныхъ фазъ развитія какой-нибудь системы физическихъ гипотезъ остается навсегда скрытой отъ насъ. Она сжалась въ небольшое число лѣтъ и сконцентрировалась въ одномъ умѣ. Авторъ ихъ не знакомилъ другихъ со своими идеями по мѣрѣ ихъ зарожденія, какъ это дѣлалъ Амперъ; взявъ себѣ въ образецъ долголѣтнее терпѣніе Ньютона, онъ ждалъ, покуда теорія его не приметъ вполнѣ законченную форму. Но мы можемъ быть вполнѣ увѣрены, что не въ этой формѣ теорія его съ самаго же начала зародилась въ его умѣ, а она есть результатъ многочисленныхъ усовершенствованій и поправокъ и что каждая изъ этихъ послѣднихъ есть результатъ не свободнаго выбора автора, а безчисленнаго множества условій внѣшнихъ и внутреннихъ, болѣе или менѣе сознательныхъ для автора и опредѣлявшихъ этотъ выборъ.

Впрочемъ, какъ ни быстра и сжата эволюція какой-нибудь физической теоріи, всегда возможно констатировать, что нарожденію ея предшествовалъ довольно длительный подготовительный періодъ. Промежуточныя звенья, ведущія отъ первыхъ набросковъ ея до законченной ея формы, могутъ въ такой мѣрѣ ускользнуть отъ нашего взгляда, что намъ можетъ показаться, что мы видимъ предъ собой плодъ мгновеннаго и свободнаго творчества. Но была предварительная работа, подготовившая почву, на которую впослѣдствіи упали первыя сѣмена. Это именно она сдѣлала розможнымъ такое ускоренное развитіе, а эта работа можетъ быть прослѣжена на протяженіи вѣковъ.

Опыта Эрстеда было достаточно, чтобы вызвать интенсивную и чуть ли не лихорадочную работу, которая по истеченіи четырехъ

лѣтъ увѣнчалась вполнѣ законченной электродинамической теоріей. Но въ тотъ моментъ, когда зерно это было брошено на почву науки XIX столѣтія, почва эта была удивительнымъ образомъ подготовлена къ его воспріятію, къ его питанію и развитію. Ньютонъ возвѣстилъ уже, что электрическія и магнитныя притяженія должны быть подчинены законамъ, аналогичнымъ съ законами всемірнаго тяготѣнія. Это допущеніе было преобразовано въ экспериментальную истину работами Кэвендиша и Кулона для электрическихъ притяженій и работами Т. Майера и Кулона для дѣйствій магнитныхъ. И вотъ такимъ то образомъ физики мало по малу привыкли разлагать всѣ силы, дѣйствующія на разстояніи, на элементарныя дѣйствія, обратно пропорціональныя квадратамъ разстояній между тѣми элементами, между которыми эти силы дѣйствуютъ. Съ другой же стороны анализъ различныхъ проблемъ, которыя ставитъ астрономія, пріучилъ математиковъ къ трудностямъ, возникающимъ при сложеніи подобныхъ силъ. Гигантскіе успѣхи математики въ теченіе XVIII столѣтія были обобщены и сведены въ одно единое цѣлое въ книгѣ Лапласа, «La Mècanique celeste». Методы, созданные для изученія движеній небесныхъ тѣлъ, со всѣхъ сторонъ искали въ земной механикѣ случая доказать свою плодотворность и математическая физика развивалась съ удивительной быстротой. Между прочимъ Пуассонъ развилъ съ помощью придуманныхъ Лапласомъ аналитическихъ методовъ математическую теорію статическаго электричества и магнитизма, а Фурье нашелъ удивительный случай для примѣненія тѣхъ же методовъ въ своихъ изслѣдованіяхъ явленій распространенія теплоты. Явленія электродинамическія и электромагнитныя могли быть открыты физиками и математиками, ибо и тѣ и другіе были вполнѣ вооружены для того, чтобы овладѣть ими и обобщить ихъ въ одну теорію.

Но одной системы экспериментальныхъ законовъ недостаточно еще, чтобы физикъ могъ знать, какія гипотезы ему выбрать, чтобы дать этимъ законамъ теоретическое выраженіе. Для этого нужно еще, чтобы мысли, привычныя тѣмъ, въ средѣ которыхъ онъ живетъ, да и тенденціи, привитыя ему самому предыдущими его научными работами, руководили имъ въ его изслѣдованіяхъ и ограничивали слишкомъ большой просторъ, предоставленный ему законами логики. Сколько частей физики сохраняютъ по настоящей день свою чисто эмпирическую форму, дожидаясь наступленія условій, благопріятныхъ нарожденію геніальнаго физика, способнаго создать гипотезы, которыя обобщатъ эти части физики въ цѣльную теорію!

Зато, когда развитіе всей науки достаточно подготовило умы для усвоенія теоріи, развитіе ея идетъ форсированнымъ маршемъ. И тогда довольно часто случается, что она чуть ли не въ одно и то же время зарождается въ умахъ физиковъ, между собой совершенно незнакомыхъ, предававшихся своимъ размышленіямъ въ большомъ отдаленіи другъ отъ друга. Идея носится, такъ сказать, въ воздухѣ, уносимая вѣтромъ изъ страны въ страну, готовая оплодотворить каждый геній, способный ее воспринять и развить, подобная цвѣточной пыли, способной дать плодъ вездѣ, гдѣ она встрѣчаетъ зрѣлую чашечку.

Спеціалисту по исторіи развитія наукъ неоднократно представляется возможность констатировать это одновременное появленіе одного и того же ученія въ странахъ, весьма удаленныхъ другъ отъ друга. Но какъ ни часто это явленіе, онъ никогда не можетъ проходить мимо него безъ удивленія. [1]). Мы видѣли уже выше, какъ система всемірнаго тяготѣнія зародилась въ одно и то же время въ умахъ Гука, Врена и Галлея, получивъ около того же времени законченную форму у Ньютона. Такъ и въ серединѣ XIX столѣтія принципъ эквивалентности между теплотой и работой нашелъ свою формулировку въ очень близкія между собой эпохи у Роберта Майера въ Германіи, у Джоуля въ Англіи и у Кольдинга въ Даніи. Никто изъ нихъ не зналъ, однако, о размышленіяхъ своихъ соперниковъ и никто изъ нихъ не подозрѣвалъ, что та же идея за нѣсколько лѣтъ до этого достигла уже полной зрѣлости въ геніальномъ умѣ Сади Карно во Франціи.

Мы могли бы привести не мало примѣровъ еще этой изумительной одновременности открытій, но мы ограничимся упоминаніемъ только объ одномъ еще, который намъ представляется особенно удивительнымъ.

Явленіе полнаго свѣтового отраженія отъ предѣльной поверхности двухъ средъ не легко поддается пониманію въ теоретическомъ зданіи, носящемъ названіе волнообразной теоріи свѣта. Въ 1823 году Френель далъ формулы для выраженія этого явленія, но онъ получилъ ихъ какимъ-то даромъ провидѣнія [2]) самымъ страннымъ и самымъ нелогичнымъ, какой только знаетъ исторія физики. Геніальныя экспериментальныя подтвержденія, которыя

---

[1]) F. Mentre: La simultanéité des dècouvertes scientifiques (Revue scientifique, 5-e sèrie, t. II. стр. 555; 1904).

[2]) Augustin Fresnel: O'Euvres complètes, t. I, стр. 782.

онъ далъ этимъ формуламъ, не оставляютъ почти сомнѣнія въ ихъ точности. Но тѣмъ болѣе становилась желательной гипотеза, логически допустимая, которая установила бы опредѣленную связь между этими формулами и всей теоріей оптики. Въ теченіе 13 лѣтъ физикамъ не удавалось открыть такую гипотезу. Наконецъ, ее дало разсужденіе, весьма простое, но чрезвычайно неожиданное и оригинальное, по поводу исчезающей волны (l'onde êvanescente).

Но, замѣчательное дѣло, идея этой волны возникла почти одновременно въ умахъ четырехъ различныхъ математиковъ, слишкомъ удаленныхъ другъ отъ друга, чтобы они могли обмѣниваться своими мыслями. Коши [1]), первый формулировалъ гипотезу ея въ письмѣ, адресованномъ Амперу въ 1836 году. Въ 1837 году Гринъ [2]) сообщилъ о ней Философскому Обществу въ Кембриджѣ, а въ Германіи Нейманнъ [3]) опубликовалъ ее въ Анналахъ Поггендорфа; наконецъ, отъ 1841 до 1845 года Макъ Куллагъ [4]) сдѣлалъ ее предметомъ трехъ сообщеній, сдѣланныхъ имъ Академіи въ Дублинѣ.

Этотъ примѣръ представляется намъ наиболѣе подходящимъ, чтобы бросить полный свѣтъ на слѣдующее заключеніе, на которомъ мы остановимся. Логика предоставляетъ физику почти полную свободу при выборѣ гипотезы. Но это отсутствіе всякаго руководительства и всякаго правила не должно его смущать, потому что въ дѣйствительности не физикъ самъ выбираетъ гипотезу, которую онъ кладетъ въ основѣ своей теоріи. Онъ въ такой же мѣрѣ не выбираетъ ее, какъ цвѣтокъ не выбираетъ цвѣточной пыли, которая его оплодотворитъ. Онъ ограничивается тѣмъ, что широко открываетъ свой вѣнчикъ вѣтру или насѣкомому, которые принесутъ эту пыль. Точно также физикъ ограничивается тѣмъ, что вниманіемъ и разсужденіемъ онъ подготовляетъ свой умъ къ воспріятію идеи, которая зародится въ его умѣ безъ его помощи. Когда однажды спросили Ньютона, какъ онъ дѣлаетъ открытія, онъ отвѣтилъ: Я постоянно думаю о предметѣ моихъ изслѣдованій и дожидаюсь,

---

[1]) Cauchy: Comptes rendus, t. II, 1836, стр. 364.—Poggendorff's Annalen, Bd. IX, 1836, стр. 39.

[2]) Georges Green: Transactions of the Cambridge Mathematical Society, vol VI, 1838, стр. 403. Mathematical Papers, стр. 231.

[3]) F.—E. Neumann: Poggendorff's Annalen, Bd. X, 1837, стр. 510.

[4]) Mac Cullagh: Proceedings of the Royal Irish Academy, voll. II et III.—Collected Works, стр. 187, 218, 250.

чтобы первые лучи свѣта, медленно и скупо подкрадывающіеся, смѣнились полнымъ и яснымъ свѣтомъ».

Только тогда, когда физикъ начинаетъ ясно видѣть новую гипотезу, полученную, но не выбранную имъ, начинается его свободная и многотрудная работа. Вѣдь, теперь необходимо скомбинировать эту гипотезу съ другими, допущенными уже раньше, вывести изъ нея всѣ послѣдствія, многочисленныя и разнообразныя, самымъ точнымъ образомъ сопоставить ее съ экспериментально установленными законами. Всю эту работу онъ долженъ выполнить быстро и точно. Не отъ него зависитъ постигнуть новую идею, но именно отъ него зависитъ въ значительной части развить эту идею и сдѣлать ее плодотворной.

§ IV.—Объ изложеніи гипотезъ при преподаваніи физики.

И учителю, желающему изложить гипотезы, лежащія въ основѣ физическихъ теорій, логика не даетъ больше указаній, чѣмъ она даетъ ученому изслѣдователю. Она говоритъ ему лишь, что совокупность физическихъ гипотезъ образуетъ систему принциповъ, выводы изъ которыхъ должны представлять совокупность законовъ установленныхъ экспериментаторами. Вслѣдствіе этого изложеніе физики, дѣйствительно логичное, слѣдовало бы начинать съ изложенія всѣхъ гипотезъ, которыми пользуются различныя теоріи, за этимъ должно было бы слѣдовать изложеніе всѣхъ выводовъ изъ этихъ гипотезъ, послѣ чего все это множество выводовъ должно было бы быть поставлено лицомъ къ лицу со множествомъ экспериментальныхъ законовъ, которые оно должно представлять.

Ясно, что такого рода изложеніе физики, единственное—совершенно логичное, абсолютно не осуществимо. Поэтому, никакое преподаваніе физики невозможно признать безупречнымъ съ точки зрѣнія логики. Всякое изложеніе физическихъ теорій представляетъ собою поневолѣ компромиссъ между требованіями логики и интеллектуальными потребностями учащагося.

Учитель, какъ мы уже говорили, можетъ сдѣлать лишь слѣдующее: сформулировавъ прежде всего болѣе или менѣе обширную группу гипотезъ, онъ долженъ сдѣлать изъ нихъ опредѣленный рядъ выводовъ, и затѣмъ незамедлительно сопоставить ихъ съ фактами. Этотъ контроль фактовъ не будетъ, очевидно, вполнѣ убѣдительнымъ;

онъ будетъ предполагать согласіе съ извѣстными допущеніями, вытекающими изъ выводовъ, не сформулированныхъ еще. Учащійся былъ бы смущенъ, безъ сомнѣнія, этими порочными кругами, которые ему бросились бы въ глаза, если бы онъ не былъ должнымъ образомъ предувѣдомленъ объ этомъ заранѣе, если бы онъ не зналъ, что такая попытка подтвержденія формулъ есть дѣло слишкомъ преждевременное, берущее назадъ отсрочки, предоставляемыя строгой логикой всякому примѣненію теоріи.

Пусть, напримѣръ, учитель изложилъ совокупность гипотезъ, лежащихъ въ основѣ общей механики, механики неба и затѣмъ изложилъ извѣстныя главы этихъ двухъ наукъ. Не будетъ же онъ дожидаться изложенія термадинамики, оптики, теоріи электричества и магнитизма, чтобы сопоставить свои теоремы съ различными экспериментальными законами. Но, дѣлая это сопоставленіе онъ будетъ пользоваться астрономической трубой, будетъ принимать въ соображеніе расширеніе тѣлъ отъ теплоты, будетъ устранять ошибки, обусловленныя электризаціей и намагничиваніемъ; онъ будетъ, слѣдовательно, опираться на теоріи, которыхъ онъ еще не изложилъ. Учащійся, не предувѣдомленный заранѣе, будетъ жаловаться на противорѣчіе. Но онъ перестанетъ удивляться, когда онъ пойметъ, что подтвержденія эти даны ему заранѣе, чтобы возможно скорѣе освѣтить изложенныя ему теоретическія положенія примѣрами, но что эти подтвержденія логически должны быть даны гораздо позже, когда онъ будетъ знакомъ со всей системой теоретической физики.

Эта практическая невозможность изложить систему физики такъ, какъ этого требовала бы строгая логика, эта необходимость извѣстнаго равновѣсія между тѣмъ, чего требуетъ эта логика, и тѣмъ, что можетъ усвоить умъ учащагося, дѣлаетъ преподаваніе этой науки дѣломъ особенно затруднительнымъ. Дѣйствительно, урокъ учителя можетъ быть таковъ, что строго щепетильный логикъ не одобритъ его. Но эта терпимость ограничена извѣстными условіями: учащійся долженъ знать, что урокъ, полученный имъ, не свободенъ ни отъ пробѣловъ, ни отъ утвержденій, еще не провѣренныхъ; онъ долженъ ясно видѣть, гдѣ именно находятся эти пробѣлы и каковы эти утвержденія; необходимо, однимъ словомъ, чтобы полное пробѣловъ и недостаточное преподаваніе, которымъ онъ долженъ довольствоваться, не возбудило въ его умѣ какихъ-нибудь ложныхъ представленій.

Такимъ образомъ, борьба съ ложными представленіями, столь легко зарождающимися при такомъ преподаваніи, должна быть постоянной заботой учителя.

Ни одна гипотеза, взятая въ отдѣльности, ни одна группа гипотезъ, отдѣленная отъ остальной физики, не доступны экспериментальному подтвержденію абсолютно автономному. Нѣтъ того experimentum crucis, который могъ бы рѣшить споръ между двумя гипотезами, взятыми въ отдѣльности. Но учитель не можетъ дожидаться, покуда всѣ гипотезы будутъ изложены и только потомъ нѣкоторыя изъ нихъ подвергнуть контролю наблюденія. Онъ не можетъ отказаться отъ описанія нѣкоторыхъ экспериментовъ, какъ, напримѣръ, опыта Фуко или опыта Отто Винера, въ подтвержденіе одного допущенія и опроверженіе другого допущенія, противоположнаго первому. Но онъ долженъ при этомъ самымъ тщательнымъ образомъ указать, до какихъ предѣловъ контроль, который онъ описываетъ, основывается на теоріяхъ, не изложенныхъ еще, въ какой мѣрѣ экспериментъ, игроющій роль experimentum crucis, предполагаетъ предварительное принятіе множества допущеній, принимаемыхъ на вѣру.

Ни одна система гипотезъ не можетъ быть индуктивно выведена изъ одного только опыта, но индукція можетъ указать какъ бы путь, который приводитъ къ извѣстнымъ гипотезамъ. Позволительно отмѣтить этотъ путь, позволительно, напримѣръ, приступая къ изложенію механики неба, привести къ законамъ Кеплера и показать, какъ переводъ этихъ законовъ на языкъ механики приводитъ къ положеніямъ, которыя сами какъ будто приводятъ къ гипотезѣ всемірнаго тяготѣнія. Но разъ эти положенія получены, необходимо самымъ внимательнымъ образомъ разсмотрѣть, въ какомъ именно пунктѣ они отличаются отъ гипотезы, которую поставили на ихъ мѣсто.

И всякій разъ, когда мы ждемъ отъ экспериментальной индукціи указаній на гипотезу, необходимо въ особенности остерегаться, какъ бы не выдать экспериментъ неосуществимый за экспериментъ совершенный, экспериментъ чисто фиктивный—за экспериментъ осуществимый, въ особенности слѣдуетъ остерегаться, разумѣется, ссылки на экспериментъ абсурдный.

§ V.— Гипотезы не могутъ быть выведены изъ аксіомъ, полученныхъ обыденнымъ ненаучнымъ знаніемъ.

Нѣкоторыя изъ разсужденій, часто сопровождающихъ введеніе какой-нибудь физической гипотезы, заслуживаютъ особеннаго нашего вниманія. Очень любимыя многими физиками, разсужденія

эти, если не соблюдать крайнюю осторожность, могутъ быть весьма опасны и чреваты ложными идеями. Мы говоримъ о положеніяхъ, такъ сказать, очевидныхъ, основывающихся на здравомъ смыслѣ.

Случается, что та или другая гипотеза находитъ аналогіи или примѣры въ знаніяхъ обыденнаго, ненаучнаго мышленія. Случается даже, что она представляетъ собой положеніе здраваго смысла, которое анализъ сдѣлалъ лишь болѣе яснымъ и болѣе точнымъ. Во всѣхъ случаяхъ подобнаго рода учитель можетъ, конечно, указать на эти сходства между гипотезами, лежащими въ основѣ теоріи и законами, съ которыми насъ знакомитъ обыденный повседневный опытъ; выборъ этихъ гипотезъ тѣмъ самымъ представится разуму тѣмъ естественнѣе и тѣмъ болѣе удовлетворительнымъ.

Но подобнаго рода сходства нуждаются въ самой тщательной провѣркѣ. Очень легко ошибиться относительно реальнаго сходства между положеніемъ здраваго смысла и положеніемъ физической теоріи. Очень часто аналогія въ дѣйствительности оказывается самой поверхностной. Она существуетъ между словами, а не между идеями, и она исчезла бы, если бы, взявъ символическое положеніе, которое формулируетъ теорія, мы перевели бы его на языкъ фактовъ, если бы каждое выраженіе, употребленное въ этомъ положеніи, преобразовать такъ, какъ это совѣтуетъ Паскаль, т. е. замѣнить опредѣленіе опредѣляемымъ. Если все это сдѣлать, можно тогда увидѣть, въ какомъ именно пунктѣ сходство между двумя положеніями оказывается въ дѣйствительности искусственнымъ и чисто словеснымъ.

Нездоровыя вульгаризаціи науки, которыми упиваются наши современники, представляютъ собой не истинную, а фальсифицированную науку. Вы здѣсь часто встрѣтите разсужденія объ энергіи, основанныя на предпосылкахъ, такъ сказать, интуитивныхъ. Въ большинствѣ случаевъ предпосылки эти—настоящіе каламбуры, основанные на двойственномъ значеніи слова энергія. Вы здѣсь встрѣтите сужденія, въ которыхъ слово энергія, правильное въ повседневномъ смыслѣ этого слова, употребляемое въ томъ смыслѣ, въ которомъ говорятъ, что пересѣченіе Африки стоило спутникамъ Маршана много энергіи, употребляется въ болѣе широкомъ значеніи, въ томъ значеніи, которое ему придаетъ термодинамика: какъ функціи состоянія системы, полный дифференціалъ которой, при каждой элементарной модификаціи, равенъ избытку внѣшней реботы въ сравненіи съ освободившейся теплотой.

Недавно еще люди, которымъ нравилась эта фальсифициро-

ванная наука, плакались на то, что принципъ возрастанія энтропіи гораздо болѣе сложенъ и труднѣе поддается пониманію, чѣмъ принципъ сохраненія энергіи. А между тѣмъ оба принципа требуютъ отъ математика совершенно сходныхъ вычисленій. Но терминъ энтропія имѣетъ одинъ только смыслъ— тотъ, который придаетъ ему физикъ; на языкѣ повседневной рѣчи онъ неизвѣстенъ, а потому и нѣтъ мѣста двусмысленностямъ. Съ недавняго времени эти сожалѣнія по поводу того, что второй принципъ термодинамики остается столь темнымъ, исчезли. Въ настоящее время и онъ считается яснымъ и общепонятнымъ. Почему же это? Потому что измѣнилось его названіе. Въ настоящее время онъ носитъ названіе принципа разсѣянія или деградаціи энергіи. Тѣ, которые, не будучи физиками, хотятъ ими казаться, тоже понимаютъ эти слова. Правда, они приписываютъ имъ смыслъ, ничего общаго не имѣющій съ тѣмъ, который придаютъ ему физики. Но какое имъ до этого дѣло? Открыты настежь двери для спеціальныхъ изслѣдованій, выдаваемыхъ за серьезное разсужденіе, когда они на самомъ дѣлѣ основаны лишь на игрѣ словъ. Но это какъ разъ то, что имъ было желательно.

Стоитъ, однако, вспомнить драгоцѣнное правило Паскаля, чтобы эти лживыя аналогіи разсѣялись, какъ миражъ предъ хорошимъ порывомъ вѣтра.

Люди, претендующіе у здраваго смысла заимствовать гипотезы, которыя должны быть положены въ основу теоріи, могутъ пасть жертвой другой еще иллюзіи.

Арсеналъ здраваго смысла, это не кладъ какой-нибудь, зарытый въ землю, куда ни одна монета не можетъ быть болѣе прибавлена. Нѣтъ, это—капиталъ весьма многолюднаго и чрезвычайно дѣятельнаго общества, характерный для всего человѣчества. Изъ вѣка въ вѣкъ этотъ капиталъ преобразовывается и возрастаетъ. Въ эти преобразованія, въ этотъ ростъ капитала, теоретическая наука вноситъ свою значительную лепту. Не переставая, она разсѣивается, распространяется въ преподаваніи, въ разговорахъ, при посредствѣ книгъ и повременныхъ изданій. Она проникаетъ до самой основы вульгарнаго, ненаучнаго знанія. Она пробуждаетъ вниманіе къ явленіямъ, которыя до сихъ поръ оставались безъ вниманія; она научаетъ это вульгарное знаніе анализировать эти понятія, которыя до тѣхъ поръ оставались спутанными и неясными. Этимъ она обогащаетъ наслѣдіе общепринятыхъ истинъ, принадлежавшее всему человѣчеству или, по крайней мѣрѣ, той части его, которая

достигла извѣстной ступени духовной культуры. И вотъ, когда является затѣмъ учитель, желающій изложить какую нибудь физическую теорію, онъ находитъ среди истинъ здраваго смысла положенія, удивительно пригодныя для подтвержденія его гипотезъ. Ему кажется, что онъ вывелъ эти гипотезы изъ самыхъ основныхъ, самыхъ обязательныхъ требованій нашего разума, что онъ вывелъ ихъ изъ самыхъ подлинныхъ аксіомъ. Въ дѣйствительности же онъ заимствовалъ лишь изъ фонда общихъ знаній, чтобы построить теоретическую науку, цѣнности, которыя сама теоретическая наука внесла въ этотъ фондъ.

Не мало примѣровъ этой грубой ошибки, этого порочнаго круга мы могли бы найти у многихъ авторовъ, излагающихъ принципы механики. Приведемъ одинъ такой примѣръ, который мы нашли у Эйлера, но то, что мы скажемъ о разсужденіяхъ этого великаго математика, мы могли бы повторить и о множествѣ сочиненій авторовъ, болѣе близкихъ нашему времени.

«Въ первой главѣ, говоритъ Эйлеръ [1]), я излагаю общіе законы природы, которымъ подчинено свободное тѣло, свободное отъ воздѣйствія какой бы то ни было силы. Если такое тѣло находится въ состояніи покоя, оно сохранитъ это состояніе вѣчно; если оно находится въ движеніи, оно будетъ двигаться вѣчно по прямой линіи и съ постоянной скоростью. Эти два закона могутъ быть соединены въ одинъ подъ именемъ закона сохраненія состоянія. Отсюда слѣдуетъ, что сохраненіе своего состоянія есть существенное свойство всѣхъ тѣлъ и что всѣ тѣла обладаютъ силой или способностью постоянно сохранять свое состояніе—силой, которая есть ничто иное, какъ сила инерціи... Такъ какъ всякое тѣло по самой природѣ своей постоянно сохраняетъ одно и то же состояніе, будь то состояніе покоя, или состояніе движенія, то отсюда ясно, что если тѣло перестаетъ слѣдовать этому закону, если оно движется неравномѣрнымъ движеніемъ, или не по прямой линіи, то это слѣдуетъ приписать дѣйствію внѣшнихъ силъ... Таковы истинные принципы механики, при посредствѣ которыхъ мы должны объяснять все, что касается измѣненія движенія. Такъ какъ до сихъ поръ эти принципы были установлены весьма неосновательно, я изложилъ ихъ такъ, что они представляются не только достовѣрными, но безусловно истинными.

[1]) Leonhardi Euleri Mechanica sive motus scientia, analytice exposita, Petropoli, 1736; t. I, Praefatio.

Читая дальше работу Эйлера, мы натыкаемся въ началѣ второй главы на слѣдующія строки:

«Опредѣленіе: сила есть то, что приводитъ покоющееся тѣло въ движеніе или измѣняетъ движеніе тѣла, находящагося уже въ движеніи. Тяжесть есть сила такого рода. Дѣйствительно, если нѣтъ никакихъ препятствій, она выводитъ тѣло изъ состоянія покоя и заставляетъ его падать со скоростью, постоянно возрастающей.

«Слѣдствіе: всякое тѣло, предоставленное самому себѣ, остается въ покоѣ или движется прямолинейно и равномѣрно. Всякій же разъ, когда свободное тѣло, находящееся въ состояніи покоя, приходитъ въ движеніе, или движущееся тѣло начинаетъ двигаться неравномѣрно или непрямолинейно, то причина этого должна быть приписана дѣйствію извѣстной силы; ибо то, что въ состояніи измѣнять движеніе тѣла, мы называемъ силой».

Мы находимъ у Эйлера въ качествѣ опредѣленія слѣдующую фразу: сила есть то, что приводитъ покоющееся тѣло въ движеніе или измѣняетъ движеніе тѣла, находящагося уже въ движеніи». Какъ это слѣдуетъ понимать? Хочетъ ли Эйлеръ лишить слово сила всего прежняго его значенія и дать ему простое опредѣленіе, ничѣмъ произвольно не ограниченное? Въ этомъ случаѣ выводъ, который онъ сдѣлалъ, съ точки зрѣнія логики безупреченъ. Но это было бы лишь простой конструкціей силлогизмовъ, не имѣющей никакого касательства къ реальной дѣйствительности. Но, вѣдь, не этого добивался Эйлеръ. Ясно, что, произнося приведенную нами выше фразу, Эйлеръ употреблялъ слово сила въ обыкновенномъ, а не научномъ смыслѣ. Доказательствомъ служитъ примѣръ тяжести, который онъ сейчасъ же приводитъ. Именно употребляя слово сила не въ новомъ и произвольно имъ установленномъ смыслѣ, а въ томъ смыслѣ, въ которомъ его употребляютъ всѣ люди, Эйлеръ можетъ заимствовать у своихъ предшественниковъ, и именно у Вариньона, теоремы статики, которыми онъ пользуется.

Опредѣленіе это есть, однако, не опредѣленіе слова, а опредѣленіе сути дѣла. Употребляя слово сила въ общепринятомъ смыслѣ, Эйлеръ предполагаетъ отмѣтить существенный признакъ силы, признакъ, изъ котораго будутъ выведены всѣ другія ея свойства. Приведенная нами выше фраза есть не столько опредѣленіе, сколько положеніе, которое Эйлеръ считаетъ очевиднымъ, т. е. аксіома. Вотъ эта аксіома, вмѣстѣ съ другими аналогич-

ными аксіомами, позволитъ ему доказать, что законы механики не только истинны, но и логически необходимы.

Но дѣйствительно ли очевидно, дѣйствительно ли ясно, если руководствоваться однимъ здравымъ смысломъ, что тѣло, свободное отъ воздѣйствія какой бы то ни было силы, должно двигаться вѣчно по прямой линіи и съ постоянной скоростью? что тѣло подверженное постоянному дѣйствію тяжести, падаетъ со скоростью, постоянно возрастающей? Вовсе нѣтъ. Напротивъ, взгляды подобнаго рода слишкомъ чужды ненаучному знанію. Для развитія ихъ оказались необходимыми совокупныя усилія всѣхъ геніевъ, работавшихъ въ области динамики на протяженіи 2.000 лѣтъ[1]).

Чему насъ учитъ повседневный опытъ? Повозка безъ лошади остается неподвижной. Приводитъ ее въ движеніе съ постоянной скоростью только лошадь, непрерывно тратящая на это свои силы. Если хотятъ, чтобы повозка двигалась быстрѣе, необходимо, чтобы лошадь тратила больше силъ, или необходимо впречь еще одну. Какъ же мы выразимъ то, чему насъ учатъ такого рода наблюденія касательно силы? Мы можемъ сформулировать слѣдующія положенія:

Тѣло, на которое не дѣйствуетъ никакая сила, остается неподвижнымъ.

Тѣло, подверженное дѣйствію постоянной силы, движется съ постоянной скоростью.

Съ увеличеніемъ силы, приводящей тѣло въ движеніе, возрастаетъ и скорость движенія этого тѣла.

Вотъ каковы признаки, которые здравый смыслъ приписываетъ силѣ, вотъ каковы гипотезы, которыя должны быть положены въ основу динамики, если захотѣть обосновать эту науку на данныхъ, очевидныхъ для здраваго смысла.

Но именно эти признаки и приписывалъ Аристотель[2]) тому, что онъ называлъ δύαμις или ἰσχύς. Эта динамика есть динамика мудреца изъ Тагира. Если въ этой динамикѣ констатируется, что паденіе тяжелыхъ тѣлъ есть движеніе неравномѣрное, то отсюда дѣлается не тотъ выводъ, что тяжелыя тѣла находятся подъ дѣй-

---

[1]) E. Wohlwill: Die Entdeckung des Beharrungsgesetzes (Zeitschrift für Völkerpsychologie und Sprachwissenschaft, Bd. XIV et. Bd. XV 1883—1884). P. Duhem: De l'accélération produite par une force constante (Congrès d'Histoire des Sciences; Genève, 1904).

[2]) Aristoteles: Φυσικῆς ακροάσεως H,ε.—Περὶ Οὐρανοῦ T,β.

ствіемъ постоянной силы, а тотъ, что вѣсъ ихъ по мѣрѣ паденія возрастаетъ.

Впрочемъ, принципы динамики перипатетиковъ казались столь несомнѣнными, корни ихъ были такъ глубоко заложены въ твердую почву знаній здраваго смысла, что для того, чтобы совершенно вырвать ихъ, чтобы дать возможность вырасти на ихъ мѣсто тѣмъ гипотезамъ, которымъ Эйлеръ приписываетъ непосредственную очевидность, потребовались усилія самыя продолжительныя, самыя настойчивыя, какія только знаетъ исторія человѣческаго духа, потребовалось, чтобы Александръ изъ Афродизіаза, Ѳемистіусъ, Симплиціусъ, Albert de Saxe, Николай Кузанскій, Леонардо да Винчи, Кардано, Тарталеа, Юлій Цезарь Скалигеръ, Жанъ Баптистъ Бенедетти подготовили почву для Галилея, Декарта, Беккмана и Гассенди.

Такъ и положенія, которыя Эйлеръ разсматриваетъ, какъ очевидныя аксіомы, и на которыхъ онъ хочетъ обосновать свою динамику, не только истинную, но и логически необходимую, въ дѣйствительности представляютъ собою положенія, съ которыми насъ познакомила одна динамика и которыми она очень медленно, съ большимъ трудомъ, замѣнила очевидныя какъ будто, но въ дѣйствительности ложныя положенія здраваго смысла.

Изъ этого порочнаго круга, въ которомъ вращается дедукція Эйлера, не могутъ выйти и тѣ, которые надѣются подтвердить гипотезы, лежащія въ основѣ физической теоріи, при помощи общепризнанныхъ аксіомъ: вѣдь, аксіомы эти выведены изъ тѣхъ самыхъ законовъ, которые они хотятъ изъ нихъ вывести [1]).

Поэтому, тѣшитъ себя полнѣйшей иллюзіей человѣкъ, который хочетъ поученія здраваго смысла положить въ основу гипотезъ, на которыхъ должна быть построена теоретическая физика. Идя этимъ путемъ, человѣкъ долженъ придти не къ динамикѣ Декарта и Ньютона, а къ динамикѣ Аристотеля.

Мы вовсе не хотимъ сказать, что поученія здраваго смысла не въ высокой степени истинны, въ высокой степени достовѣрны. Въ высокой степени вѣрно, въ высокой степени достовѣрно то, что повозка, въ которую не впряжена лошадь, не можетъ двигаться, что при двухъ лошадяхъ она будетъ двигаться быстрѣе,

---

[1]) Читатель могъ бы сопоставить сказанное нами съ критикой, которую онъ найдетъ у Э. Маха, разсужденія Даніэля Бернулли въ подтвержденіе правила параллелограмма силъ (см. Э. Махъ, Механика, историко-критическій очеркъ ея развитія. Переводъ Г. А. Котляра, стр. 45).

чѣмъ при одной. Мы говорили уже въ нѣсколькихъ другихъ мѣстахъ: истинныя и достовѣрныя положенія здраваго смысла суть въ послѣднемъ счетѣ источникъ всякой истины и всякой достовѣрности научной. Но мы говорили также и то, что наблюденія здраваго смысла тѣмъ болѣе достовѣрны, чѣмъ менѣе они детальны, чѣмъ менѣе они гонятся за точностью. Законы здраваго смысла въ высокой степени истинны, но при томъ лишь опредѣленномъ условіи, если общіе термины, между которыми они устанавливаютъ связь, принадлежатъ къ тѣмъ произвольнымъ и естественнымъ абстракціямъ конкретнаго, къ тѣмъ непроанализированнымъ абстракціямъ, взятымъ en block, къ которымъ принадлежитъ общая идея повозки или общая идея лошади.

Грубое заблужденіе брать законы, связывающіе идеи, столь сложныя, столь богатыя содержаніемъ и столь мало анализированныя, и пытаться непосредственно переводить ихъ на языкъ математики, выражать ихъ въ символическихъ формахъ, представляющихъ плодъ упрощенія и анализа, доведенныхъ до крайности. Вѣдь, это чистая иллюзія брать идею постоянной движущей силой, какъ эквивалентъ идеи лошади, идею абсолютно свободнаго движенія—эквивалентной идеѣ повозки. Законы здраваго смысла суть сужденія касательно общихъ идей, крайне сложныхъ идей, которыя намъ понятны на основѣ нашихъ повседневныхъ наблюденій. Гипотезы же физики суть отношенія между математическими символами, до величайшей степени упрощенными. Нелѣпо не замѣчать величайшей разницы между положеніями этихъ двухъ родовъ; нелѣпо думать, что вторыя связаны съ первыми, какъ слѣдствіе со своей теоремой.

Нѣтъ, долженъ существовать обратный переходъ—переходъ отъ гипотезъ физики къ законамъ здраваго смысла. Изъ системы простыхъ гипотезъ, служащихъ основаніемъ для физическихъ теорій, могутъ быть выведены болѣе или менѣе отдаленныя послѣдствія и эти послѣднія могутъ дать схематическое описаніе законовъ, представляющихъ результатъ повседневнаго опыта. Чѣмъ болѣе совершенны будутъ теоріи, тѣмъ это описаніе будетъ сложнѣе. И тѣмъ не менѣе повседневныя наблюденія, изображеніемъ которыхъ это описаніе должно быть, всегда окажутся безконечно сложнѣе. Мы не только не можемъ вывести динамику изъ законовъ, установленныхъ здравымъ смысломъ на основаніи наблюденій повозки, приводимой въ движеніе лошадью, но, напротивъ того, всѣ вспомогательныя средства динамики оказываются едва

достаточными для того, чтобы дать намъ весьма упрощенное изображеніе движенія этой повозки.

Намѣреніе вывести изъ знаній здраваго смысла доказательство гипотезъ, лежащихъ въ основѣ физическихъ теорій, обязано своимъ происхожденіемъ желанію построить физику на подобіе геометріи. Дѣйствительно, аксіомы, изъ которыхъ выведена со столь строгой правильностью наука геометріи, вопросы, которые Эвклидъ формулируетъ въ началѣ своихъ Элементовъ, суть положенія, за которыми здравый смыслъ признаетъ очевидную истинность. Но мы видѣли уже выше въ нѣсколькихъ мѣстахъ, въ какой мѣрѣ опасно устанавливать связь между методомъ математическимъ и методомъ, которымъ пользуются теоріи физическія, сколь глубокое различіе между этими двумя методами скрывается подъ этимъ сходствомъ, совершенно внѣшнимъ, обязаннымъ своимъ происхожденіемъ тому, что физика пользуется языкомъ математики. Тѣмъ не менѣе намъ необходимо здѣсь снова вернуться къ этому различію.

Абстрактныя и общія идеи, зарождающіяся въ нашемъ умѣ подъ дѣйствіемъ нашихъ воспріятій, представляютъ собой въ большинствѣ своемъ концепціи сложныя и неанализированныя. Но есть среди нихъ и такія, которыя безъ особаго труда могутъ оказаться ясными и простыми; это тѣ различныя идеи, которыя группируются вокругъ понятій числа и фигуры. Повседневный опытъ побуждаетъ насъ связать эти идеи законами, съ одной стороны обладающими непосредственной достовѣрностью сужденій здраваго смысла, а съ другой стороны — величайшей ясностью и точностью. Вслѣдствіе этого получилась возможность превратить извѣстное число такихъ сужденій въ предпосылки для дедукцій, въ которыхъ неоспоримая истинность обыденнаго знанія оказывается неразрывно связанной съ совершенной ясностью ряда умозаключеній. Такъ были созданы ариѳметика и геометрія.

Но науки математическія суть науки совершенно исключительныя. Только имъ однѣмъ выпалъ счастливый удѣлъ—имѣть предметомъ свои идеи, получаемыя изъ повседневныхъ нашихъ воспріятій одной только работой абстракціи и обобщенія и тѣмъ не менѣе оказывающіяся сейчасъ же ясными, чистыми и простыми.

Это счастіе не выпало въ удѣлъ физики. Ея понятія безконечно спутаны и сложны и изученіе ихъ предполагаетъ долгую и кропотливую работу анализа. Геніальные умы, создавшіе теоретическую физику, понимали, что для того, чтобы ввести въ эту работу по-

рядокъ и ясность, необходимо заимстовать эти качества у единственныхъ наукъ, которыя по природѣ своей были упорядочены и ясны, именно у наукъ математическихъ. Но не въ ихъ силахъ было добиться того, чтобы ясность и порядокъ такимъ же непосредственнымъ образомъ соединились съ достовѣрностью и въ физикѣ, какъ они были соединены въ ариѳметикѣ и геометріи. Все, что они могли сдѣлать, это обратиться къ кучѣ законовъ, полученныхъ непосредственнымъ наблюденіемъ, законовъ спутанныхъ, сложныхъ и совершенно неупорядоченныхъ, но обладавшихъ непосредственной достовѣрностью, и дать символическое описаніе ихъ, описаніе удивительно ясное и упорядоченное, но о которомъ за то нельзя прямо сказать, что оно истинное.

Въ области законовъ, установленныхъ наблюденіемъ, властвуетъ здравый смыслъ. Въ предѣлахъ естественныхъ средствъ нашихъ воспріятій и сужденій о нашихъ воспріятіяхъ онъ одинъ рѣшаетъ, что истинно и что ложно. Другое дѣло—область схематическаго описанія: здѣсь математическій выводъ—самодержавный властелинъ. Все должно подчиниться правиламъ, имъ устанавливаемымъ. Но между этими двумя областями существуетъ постоянный обмѣнъ положеніями и идеями. Теорія обращается къ наблюденію, когда ей нужно какое-нибудь изъ своихъ послѣдствій подвергнуть контролю фактовъ. Наблюденіе внушаетъ теоріи видоизмѣнить ту или другую гипотезу, уже устарѣвшую, или возвѣстить гипотезу новую. Въ области же промежуточной, раздѣляющей тѣ двѣ, обезпечивающей сообщеніе между наблюденіями теоріи, здравый смыслъ и математическая логика конкуррируютъ изъ-за вліянія и смѣшиваютъ въ самую безпорядочную кучу процессы, которые ихъ характеризуютъ.

Это двойное движеніе, которое одно только даетъ возможность физикѣ соединить достовѣрность фактовъ, констатируемыхъ здравымъ смысломъ, съ ясностью математическихъ выводовъ, было слѣдующимъ образомъ охарактеризовано у Эдуарда ле Руа [1]).

«Однимъ словомъ, необходимость и истина суть два самыхъ крайнихъ полюса науки. Но эти два полюса не совпадаютъ никогда; они - то же, что красный и фіолетовый цвѣтъ въ спектрѣ. Въ непрерывномъ же ряду отъ одной къ другой, въ этой единственной реальности, дѣйствительно нами переживаемой, истина и необходимость измѣняются въ обратно пропорціальномъ направле-

[1]) Edouard le Roy: Sur quelques objections adressées à la nouvelle philosophie. (Revue de Métaphysique et de Morale, 1901, стр. 319).

ніи, въ зависимости отъ того, къ какому полюсу мы обращаемся... Когда мы движемся въ направленіи къ необходимости, мы обращаемся спиной къ истинѣ, мы работаемъ надъ тѣмъ, чтобы изгнать все, что есть опытъ и интуиція, мы стремимся къ схематизму, къ чисто логическому разсужденію, къ формальной игрѣ символовъ, безъ всякаго обозначенія. Чтобы добраться до истины, намъ приходится выбрать какъ разъ обратный путь: изображеніе, качество, конкретное—все это вступаетъ въ свои права, и основывающаяся на разсужденіяхъ, необходимость постепенно уступаетъ мѣсто живой случайности. И въ результатѣ, не однѣми тѣми своими сторонами наука и необходима и истинна, не однѣми и тѣми она и строго правильна и объективна».

Употребленные здѣсь термины слишкомъ, можетъ быть, опредѣленны, вслѣдствіе чего нѣсколько преувеличивается и самая мысль автора. Во всякомъ случаѣ, для того, чтобы вѣрно выразить нашу мысль, будетъ достаточно замѣнить слова строгость, необходимость, которыя мы находимъ у Ле Руа, словами порядокъ и ясность.

Будетъ, поэтому, вполнѣ правильно заявить, что физическая наука имѣетъ два источника: одинъ—источникъ достовѣрности—здравый смыслъ; другой—источникъ ясности—математическій выводъ. И физическая наука и достовѣрна и ясна потому, что рѣки, изливающіяся изъ этихъ источниковъ, встрѣчаются и смѣшиваютъ свои воды.

Въ геометріи ясное знаніе, созданное дедуктивной логикой, и достовѣрное знаніе, обязанное своимъ происхожденіемъ здравому смыслу, такъ близко соприкасаются между собою, что совсѣмъ незамѣтна область, въ которой они смѣшиваются, гдѣ одновременно и наперерывъ примѣняются всѣ средства нашего познанія. Вотъ почему математикъ, занимаясь вопросами и физическими, слишкомъ склоненъ забывать о существованіи этой области, вотъ почемъ онъ хочетъ построить физику, подобно своей наукѣ, находящейся въ преимущественномъ положеніи, на аксіомахъ, непосредственно выведенныхъ изъ обыденнаго знанія. Но онъ здѣсь стремится къ идеалу, который Эрнстъ Махъ [1]) вполнѣ правильно назвалъ ложной строгостью, и сильно рискуетъ добиться лишь доказательствъ,

---

[1]) Э. Махъ. Механика, Историко-критическій очеркъ ея развитія. Переводъ Г. А. Котляра, стр. 70.

въ которыхъ одно ложное заключеніе и одно petitio principii смѣняются другими.

§ VI.—Значеніе историческаго метода въ физикѣ.

Какимъ образомъ преподаватель физики предохранитъ своихъ учениковъ отъ опасности такого метода. Какъ онъ научитъ ихъ охватить однимъ взглядомъ огромное разстояніе, отдѣляющее область повседневнаго опыта, гдѣ господствуютъ законы здразаго смысла, отъ области теоретической, упорядоченной по яснымъ принципамъ? Какъ онъ научитъ ихъ прослѣдить двойной путь, которымъ устанавливается непрерывная взаимная связь между этими двумя областями: между эмпирическимъ знаніемъ, которое, будучи лишено теоріи, превратило бы физику въ безплодный матеріалъ, и математической теоріей, которая, будучи отдѣлена отъ данныхъ наблюденія, будучи лишена свидѣтельства нашихъ чувствъ, дала бы наукѣ лишь одну безсодержательную форму?

Но зачѣмъ намъ мысленно разбирать этотъ методъ во всѣхъ его частяхъ? Не имѣемъ ли передъ нашими глазами учащагося, который въ дѣтствѣ не зналъ никакихъ физическихъ теорій, а въ зрѣломъ возрастѣ зналъ всѣ гипотезы, лежащія въ основѣ этихъ теорій? Этотъ учащійся, періодъ обученія котораго растянулся на тысячелѣтія, есть человѣчество. Почему бы намъ не сдѣлать такъ, чтобы интеллектуальное развитіе каждаго человѣка напоминало прогрессъ, въ процессѣ котораго образовалась человѣческая наука? Почему бы намъ не подготовлять введеніе каждой гипотезы въ преподаваніе, суммарнымъ, но вѣрнымъ изложеніемъ судебъ ея до введенія ея въ науку.

Законный, вѣрный, плодотворный методъ для подготовленія ума къ воспріятію физической гипотезы, это — методъ историческій. Описать превращенія, въ процессѣ которыхъ эмпирическій матеріалъ наросталъ, а теоретическая форма вырисовывалась все сильнѣе и сильнѣе; описать долголѣтнюю совмѣстную работу здраваго смысла и дедуктивной логики, работу анализа этого матеріала и выработки этой формы, работу все болѣе и болѣе точнаго приспособленія ихъ другъ къ другу — таково лучшее, можно сказать, единственное средство для того, чтобы дать изучающимъ физику вѣрное и ясное представленіе объ организаціи—столь сложной и живой—этой науки.

Само собою разумѣется, что совершенно невозможно шагъ за

шагомъ прослѣдить медленное, ощупью, движеніе впередъ, которымъ умъ человѣческій пришелъ къ ясному взгляду на тотъ или другой физическій принципъ,—въ этомъ нѣтъ ни малѣйшаго сомнѣнія. Для этого потребовалось бы слишкомъ много времени. Изложеніе развитія гипотезы въ курсѣ физики должно быть сокращенное и сгущенное; оно должно быть сокращено въ томъ же отношеніи, какое существуетъ между продолжительностью обученія человѣка и продолжительностью развитія науки. Это—такого же рода сокращенія, при помощи которыхъ превращенія живого существа отъ зародыша до взрослаго состоянія воспроизводятъ линію—реальную или идеальную—устанавливающую связь между этимъ существомъ и первымъ родоначальникомъ живыхъ существъ.

Впрочемъ, такое сокращеніе почти всегда дѣло не трудное, если только оставить въ сторонѣ все случайное—имя автора, дату открытія, эпизодъ или анекдотъ — и держаться исключительно фактовъ историческихъ, существенныхъ въ глазахъ физика, только тѣхъ случаевъ, въ которыхъ теорія обогащалась новымъ принципомъ, въ которыхъ была устранена та или другая ошибка, была разъяснена та или другая неясность.

Эта важная роль, какую играетъ въ преподаваніи физики исторія методовъ, которыми были сдѣланы тѣ или другія открытія, является новымъ доказательствомъ того крайняго различія, которое существуетъ между физикой и геометріей.

Въ геометріи, гдѣ ясность дедуктивнаго метода спаяна, такъ сказать, непосредственно съ очевидными положеніями здраваго смысла, преподаваніе можетъ вести путемъ чисто логическимъ. Достаточно изложить какой нибудь постулатъ, чтобы учащійся сейчасъ же постигъ данныя обыденныхъ нашихъ знаній, нашедшія обобщеніе въ такомъ сужденіи. Для этого вовсе не нужно знать пути, которыми этотъ постулатъ попалъ въ науку. Исторія математики представляетъ, безъ сомнѣнія, большой интересъ, но она вовсе не существенно необходима для пониманія математики.

Въ физикѣ дѣло обстоитъ иначе. Здѣсь, какъ мы видѣли уже выше, преподаваніе не можетъ вестись исключительно путемъ логическимъ. Поэтому, единственное средство установить связь между формальными сужденіями теоріи и матеріаломъ фактовъ, которые эти сужденія должны выразить (безъ незамѣтнаго проникновенія сюда идей ложныхъ) это—подтверждать каждую существенную гипотезу изложеніемъ ея исторіи.

Изложить исторію какого нибудь физическаго принципа значитъ

вмѣстѣ съ тѣмъ сдѣлать его логическій анализъ. Критика интеллектуальныхъ методовъ, которыми пользуется физика, неразрывно связана съ изложеніемъ постепеннаго развитія, въ процессѣ котораго дедукція усовершенствовала теорію, дѣлая ее изображеніемъ установленныхъ наблюденіемъ законовъ, все болѣе и болѣе точнымъ, все болѣе и болѣе упорядоченнымъ.

Кромѣ того, одна только исторія науки можетъ оградить физика и отъ нелѣпой амбиціи догматизма, и отъ отчаянія пирронизма.

Знакомя его съ длиннымъ рядомъ заблужденій и сомнѣній, предшествовавшихъ открытію каждаго принципа, она предостерегаетъ его отъ положеній ложныхъ, но съ виду какъ будто бы очевидныхъ. Напоминая ему судьбы различныхъ космологическихъ школъ, извлекая изъ леты забвенія доктрины, когда то владѣвшія умами, она напоминаетъ ему, что самыя заманчивыя системы суть не болѣе какъ временныя описанія, а не окончательныя объясненія.

Съ другой же стороны, рисуя передъ нимъ непрерывную традицію, благодаря которой наука каждой эпохи питается соками системъ прошлыхъ вѣковъ и служитъ залогомъ жизни науки будущаго; разсказывая ему о предсказаніяхъ, формулированныхъ теоріей и осуществленныхъ опытомъ, она создаетъ и укрѣпляетъ въ немъ убѣжденіе въ томъ, что физическая теорія не есть система чисто искусственная, сегодня пригодная, но завтра негодная, а что она есть классификація все болѣе и болѣе естественная, все болѣе и болѣе ясное отраженіе реальностей, которыхъ экспериментальный методъ не можетъ разсматривать лицомъ къ лицу.

Всякій разъ, когда физику грозитъ опасность совершить какую нибудь неправильность, изученіе исторіи направляетъ его на истинный путь. Исторія могла бы опредѣлить роль, которую она играетъ въ отношеніи физика, въ слѣдующихъ словахъ Паскаля: *) «Когда онъ слишкомъ превозноситъ себя, я принижаю его; когда онъ слишкомъ себя унижаетъ, я превозношу его». Такъ она удерживаетъ его въ томъ состояніи полнаго равновѣсія, въ которомъ онъ можетъ здраво судить о цѣли и строеніи физической теоріи.

---

*) Pascal: Pensées. Edition Havet art. 8.

Оглавленiе.

стр.
Предисловiе къ нѣмецкому изданiю 3
Предисловiе автора 5

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ.

Цѣль физической теорiи 7

Глава первая.

Физическая теорiя и метафизическое объясненiе.

§ I.—Физическая теорiя, какъ объясненiе 9
§ II.—Согласно изложенному мнѣнiю, теоретическая физика подчинена метафизикѣ 11
§ III.—Если изложенное мнѣнiе вѣрно, то цѣнность физической теорiи зависитъ отъ метафизической системы, которую человѣкъ признаетъ 13
§ IV.—Споръ о скрытыхъ причинахъ 17
§ V.—Ни одна метафизическая система не достаточна, какъ основа для физической теорiи 20

Глава вторая.

Физическая теорiя и естественная классификацiя.

§ I.—Истинная природа физической теорiи и операцiи, которыми она получается 24
§ II.—Какова польза отъ физической теорiи? Теорiя, какъ экономiя мышленiя 27
§ III.—Теорiя, какъ классификацiя 29
§ IV.—Теорiя имѣетъ тенденцiю превратиться въ естественную классификацiю 31
§ V.—Теорiя, предшествующая опыту 34

21*

стр.

Глава третья.

Описательныя теоріи и исторія физики.

§ I.—Роль естественныхъ классификацій и объясненій въ развитіи физическихъ теорій 38
§ II.—Мнѣнія физиковъ о природѣ физическихъ теорій . . 48

Глава четвертая.

Абстрактныя теоріи и механическія модели.

§ I.—Два типа умовъ: широкіе и глубокіе умы 66
§ II.—Примѣръ широкаго ума: умъ Наполеона 69
§ III.—Широкій умъ, тонкій умъ и умъ геометрическій . . . 73
§ IV.—Широкій умъ и умъ англійскій 76
§ V—Англійская физика и механическая модель 83
§ VI.—Англійская школа и математическая физика 90
§ VII—Англійская школа и логическое построеніе теоріи . . 95
§ VIII.—Распространеніе англійскихъ методовъ 103
§ IX.—Полезно-ли для открытій примѣненіе механическихъ моделей 111
§ X.—Должно-ли употребленіе механическихъ моделей мѣшать отыскиванію теоріи абстрактной и логически упорядоченной? 118

ЧАСТЬ ВТОРАЯ.

Строеніе физической теоріи 125

Глава первая.

Количество и качество.

§ I.—Теоретическая физика есть физика математическая . . 127
§ II.—Количество и мѣра 128
§ III.—Количество и качество 131
§ IV.—Физика чисто количественная 134
§ V.—Различныя интенсивности одного и того же качества могутъ быть выражены въ числахъ 137

Глава вторая.

Первичныя качества.

§ I.—О чрезмѣрномъ размноженіи первичныхъ качествъ . . 143

Стр.

§ II.—Первичное качество есть качество, не юридически, а фактически ни къ чему болѣе не сводимое 146
§ III.—Временный характеръ первичнаго качества 151

Глава третья.

Математическая дедукція и физическая теорія.

§ I.—Приблизительный методъ въ физикѣ и математическая точность 156
§ II.—Математическіе выводы, примѣнимые и не примѣнимые въ физикѣ 160
§ III.—Примѣръ математическаго вывода, никогда не примѣнимаго 163
§ IV.—Приблизительный методъ въ математикѣ 167

Глава четвертая.

Физическій опытъ.

§ I.—Физическій экспериментъ не есть только наблюденіе какого нибудь явленія, а онъ есть еще теоретическое истолкованіе его 171
§ II.—Результатъ физическаго эксперимента есть абстрактное и символическое сужденіе 175
§ III.—Только теоретическое истолкованіе явленій дѣлаетъ возможнымъ употребленіе инструментовъ 182
§ IV.—О критикѣ физическаго эксперимента и о разницѣ, существующей между нимъ и провѣркой обыкновенныхъ показаній 189
§ V.—Физическій экспериментъ менѣе достовѣренъ, но болѣе точенъ и деталенъ, чѣмъ ненаучное констатированіе факта 194

Глава пятая.

Физическій законъ.

§ I.—Физическіе законы суть символическія отношенія . . . 197
§ II.—Физическій законъ, въ сущности говоря, ни правиленъ, ни неправиленъ, а только приблизителенъ. 201
§ III.—Всякій физическій законъ есть приблизительный и потому временный и относительный законъ 205
§ IV.—Всякій физическій законъ есть символическій и потому временный законъ 208
§ V.—Физическіе законы болѣе детальны, чѣмъ обычные законы здраваго смысла 213

стр.

Глава шестая.

Физическая теорія и экспериментъ.

§ I.—Экспериментальный контроль теоріи не обладаетъ въ физикѣ той же логической простотой, какъ въ физіологіи 215
§ II.—Физическій экспериментъ никогда не можетъ привести къ опроверженію одной какой-нибудь изолированной гипотезы, а всегда только цѣлой группы теорій . . 219
§ III.—„Experimentum crucis“ вещь въ физикѣ невозможная . 225
§ IV.—Критика метода Ньютона.—Первый примѣръ: механика неба 227
§ V.—Критика метода Ньютона (продолженіе).—Второй примѣръ: электродинамика 234
§ VI.—Выводы касательно преподаванія физики 239
§ VII.—Выводы касательно математическаго развитія физической теоріи 245
§ VIII.—Существуютъ ли такіе постулаты въ физической теоріи, которые не могутъ быть опровергнуты опытомъ? . . 249
§ IX.—Гипотезы, точное выраженіе которыхъ не имѣетъ никакого экспериментальнаго смысла 254
§ X.—Отъ здраваго смысла зависитъ, какія гипотезы должны быть отвергнуты 259

Глава седьмая.

Выборъ гипотезъ.

§ I.—Къ чему сводятся условія, выставляемыя логикой при выборѣ гипотезъ 262
§ II.—Гипотезы не продуктъ мгновеннаго творчества, а результатъ прогрессивнаго развитія. Всеміpное тяготѣніе, какъ примѣръ 264
§ III.—Физикъ не выбираетъ гипотезъ, на которыхъ онъ обосновываетъ свои теоріи, а онѣ зарождаются въ его умѣ помимо него. 302
§ IV.—Объ изложеніи гипотезъ при преподаваніи фазики . . 307
§ V.—Гипотезы не могутъ быть выведены изъ аксіомъ, полученныхъ обыденнымъ ненаучнымъ знаніемъ 309
§ VI.—Значеніе историческаго метода въ физикѣ. 320

Эрнстъ Махъ.

Популярно-научные очерки.

Авторизованный переводъ съ 3-го нѣмецкаго изданія, дополненнаго шестью новыми статьями

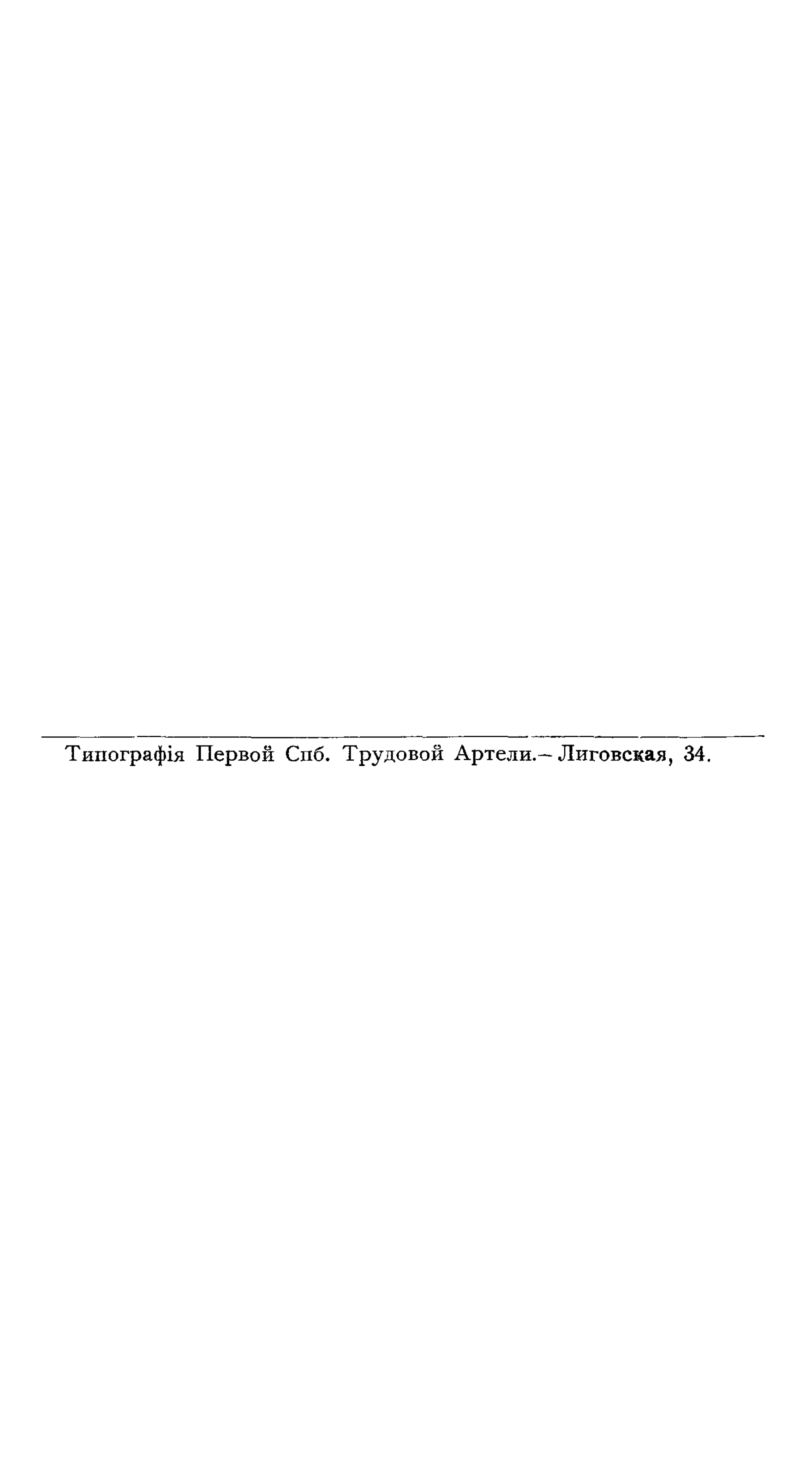
Г. А. Котляра.

Съ предисловіемъ **автора**.



Книгоиздательство „Образованіе" Спб.

1909.



Типографія Первой Спб. Трудовой Артели.— Лиговская, 34.

Профессору Уильяму Джемсу

въ знакъ симпатіи и уваженія

посвящаетъ авторъ.

Предисловіе автора.

Предлагаемые вниманію читателей „Популярно-научные Очерки“ составились изъ лекцій, прочитанныхъ большей частью передъ интимнымъ кругомъ товарищей по спеціальности, друзей и учениковъ на протяженіи времени въ 40 слишкомъ лѣтъ. Впервые они были собраны и изданы въ Америкѣ въ англійскомъ переводѣ, стараніями д-ра Paul'я Carus'а, издателя журнала „The Monist“. Два года спустя книга была выпущена и на нѣмецкомъ языкѣ, въ 1900 году вышелъ итальянскій переводъ.

Настоящій русскій переводъ сдѣланъ съ 3-го нѣмецкаго изданія и дополненъ 6 новыми статьями.

Какъ ни различны собранныя здѣсь статьи по содержанію, у нихъ одна *общая цѣль* и эта цѣль лучше всего, мнѣ кажется, охарактеризована въ словахъ, которыми я напутствовалъ выпускъ англійскаго изданія:

„Если принять въ соображеніе тѣ познанія, которыя авторъ предполагаетъ въ читателѣ его популярныхъ лекцій съ одной стороны, и время, которое имѣется въ его распоряженіи, съ другой, то приходится признать, что онъ долженъ питать весьма скромныя надежды насчетъ поучительности своихъ лекцій. Онъ долженъ выбирать для этой цѣли болѣе легкія темы и ограничиваться изложеніемъ простѣйшихъ и наиболѣе существенныхъ пунктовъ. При всемъ томъ, если удачно выбрать тему, авторъ можетъ здѣсь дать почувствовать *романтику и поэзію* научнаго изслѣдованія. Для этого нужно только выбирать то, что является притягательнымъ и наиболѣе интереснымъ въ проблемѣ, и показать, какъ какое-нибудь незначительное какъ будто объясненіе бросаетъ яркій свѣтъ на широкія области фактовъ“.

Эрнстъ Махъ.

„Могутъ быть полезны также такія лекціи, если въ нихъ проводится доказательство однородности мышленія повседневнаго и научнаго. Читающая публика освобождается тогда отъ робости передъ научными вопросами и вдохновляется тѣмъ интересомъ къ изслѣдованію, который столь плодотворно дѣйствуетъ на самого изслѣдователя. Что же касается этого послѣдняго, то ему становится тогда очевиднымъ, что онъ со своей работой составляетъ лишь небольшую часть въ общемъ процессѣ развитія и что результаты изслѣдованія должны оказаться полезными не только для него самого и для немногихъ его товарищей по спеціальности, но и для всего общества“.

Имѣя въ виду эту цѣль, будемъ надѣяться, что эта книга пріобрѣтетъ новый кругъ благосклонныхъ читателей.

Авторъ.

Вѣна, Августъ 1909.

I.

Формы жидкости[1]).

Какъ ты полагаешь, любезный Эвтифронъ, что есть святое, что—справедливо и что есть добро? Свято ли святое потому, что боги это любятъ, или боги потому святы, что они любятъ святое? Такими и подобными имъ легкими вопросами мудрый Сократъ сѣялъ смуту въ умахъ людей на рынкѣ въ Аѳинахъ, особенно смущалъ молодыхъ государственныхъ дѣятелей, которые кичились своими познаніями. Доказывая, какъ спутаны, неясны и полны противорѣчій ихъ понятія, онъ освобождалъ ихъ отъ бремени ихъ мнимыхъ познаній.

Вамъ знакома судьба этого мудреца, пристававшаго ко всѣмъ со своими вопросами. Люди, такъ называемаго, хорошаго общества избѣгали встрѣчи съ нимъ и только люди несвѣдущіе продолжали ходить за нимъ. Въ концѣ концовъ ему пришлось выпить кубокъ яда, который и въ настоящее время иному рецензенту его типа кое-кто..., по меньшей мѣрѣ, отъ души желаетъ.

Но мы кое-чему научились отъ Сократа, кое-что намъ осталось отъ него въ наслѣдіе, и это кое-что есть научная критика. Занимаясь наукой, всякій замѣчаетъ, какъ неустойчивы и неопредѣленны понятія, знакомыя ему изъ повседневной жизни, какъ при болѣе тщательномъ разсмотрѣніи вещей мнимыя различія стираются и выступаютъ различія новыя. И постоянное видоизмѣненіе, развитіе и выясненіе понятій характеризуетъ исторію развитія самой науки.

Общее разсмотрѣніе этой неустойчивости понятій можетъ становиться даже непріятнымъ, внушить извѣстное безпокойство, если

---

[1]) Лекція, прочитанная въ нѣмецкомъ казино въ Прагѣ, зимою 1868 г.

1*

принять въ соображеніе, что нѣтъ ничего, что отъ этой неустойчивости было бы свободно. Въ настоящей лекціи мы не будемъ однако останавливаться на этомъ общемъ явленіи. Наша задача здѣсь другая: мы хотимъ на одномъ естественно - научномъ примѣрѣ разсмотрѣть, въ какой сильной степени измѣняется вещь, если ее изучать все точнѣе и точнѣе, и какъ форма ея становится при этомъ все болѣе и болѣе опредѣленной.

Большинство изъ васъ полагаетъ, вѣроятно, что они прекрасно знаютъ, что такое жидкость и что—твердое тѣло. И именно тотъ, кого никогда не занимали вопросы физики, скажетъ, что ничего нѣтъ легче, какъ отвѣтить на этотъ вопросъ. Другое дѣло—физикъ: онъ знаетъ, что это одинъ изъ самыхъ трудныхъ вопросовъ физики и что провести границу между твердымъ и жидкимъ врядъ ли возможно. Напомню здѣсь только опыты Треска. Они показали, что твердыя тѣла, подверженныя высокому давленію, обнаруживаютъ тѣ же свойства, что и жидкости: они вытекаютъ, напримѣръ, въ формѣ струи изъ отверстія въ днѣ сосуда, въ которомъ они находятся. Мнимое различіе состоянія, различіе между «жидкимъ и твердымъ» здѣсь сводится къ простому различію въ степени.

Исходя изъ сплющенной формы земли, принято обыкновенно дѣлать тотъ выводъ, что земля нѣкогда была въ жидкомъ состояніи. Но если принять въ соображеніе факты, подобные только что приведеннымъ, то этотъ выводъ нельзя не признать слишкомъ поспѣшнымъ. Шаръ въ нѣсколько дюймовъ діаметромъ, вращаясь, будетъ сплющиваться, конечно, только тогда, когда онъ будетъ очень мягкимъ, напримѣръ, изъ свѣже приготовленной глины, или даже жидкимъ. Земля же должна быть раздавлена собственной своей огромной тяжестью, если бы она даже состояла изъ самыхъ твердыхъ камней, и потому не можетъ не обнаруживать нѣкоторыхъ свойствъ жидкости. Да и горы наши не могутъ быть выше опредѣленной границы, за предѣлами которой онѣ не могутъ не осѣсть. Возможно, что земля нѣкогда была жидкой, но изъ того факта, что она теперь имѣетъ сплющенную форму, это никоимъ образомъ не слѣдуетъ.

Частицы жидкости чрезвычайно подвижны. Какъ васъ учили въ школѣ, она не имѣетъ собственной своей формы, а принимаетъ форму того сосуда, въ которомъ она находится. Приспособляясь до мельчайшихъ деталей къ формѣ сосуда, не обнаруживая даже на свободной поверхности своей ничего, кромѣ улыбающагося зеркально гладкаго, ничего не выражающаго лица своего, она во-

площаетъ собой среди всѣхъ тѣлъ природы самый совершенный типъ царедворца.

Жидкость не имѣетъ собственной своей формы! Да, для того, кто бѣгло ее наблюдаетъ. Но кому случилось замѣтить, что дождевая капля кругла и никогда не бываетъ съ острыми краями, тотъ не станетъ уже столь безусловно вѣрить въ этотъ догматъ.

О всякомъ человѣкѣ, даже наиболѣе безхарактерномъ, мы могли бы сказать, что онъ *обладалъ* бы характеромъ, если бы въ нашемъ мірѣ все не было бы такъ трудно. Такъ и жидкость имѣла бы собственную свою форму, если бы этому не мѣшалъ гнетъ обстоятельствъ, если бы она не раздавливалась собственною своей тяжестью.

Одинъ досужій астрономъ разсчиталъ однажды, что на солнцѣ люди не могли бы жить, даже если бы этому не мѣшала невыносимая жара: они тамъ были бы раздавлены подъ тяжестью собственнаго своего тѣла, ибо бо́льшая масса мірового тѣла обусловливаетъ и бо́льшій вѣсъ человѣческаго тѣла на немъ. На лунѣ же, гдѣ мы были бы гораздо болѣе легкими, мы могли бы одной силой нашихъ мышцъ дѣлать безъ труда огромные прыжки, чуть ли не въ башню вышиной. Художественныя изваянія изъ сиропа принадлежитъ и на лунѣ къ области вымысловъ. Но тамъ сиропъ такъ медленно разливается, что можно было бы, если не въ серьезъ, то въ шутку устроить сиропную бабу, какъ мы у насъ дѣлаемъ снѣжную бабу.

Но если жидкости у насъ на землѣ собственной своей формы не имѣютъ, то, можетъ быть, онѣ имѣютъ таковую на лунѣ или на какомъ-либо другомъ міровомъ тѣлѣ, еще меньшемъ и болѣе легкомъ? Чтобы познакомиться съ собственной формой жидкости, намъ остается только одно: устранить дѣйствіе тяжести.

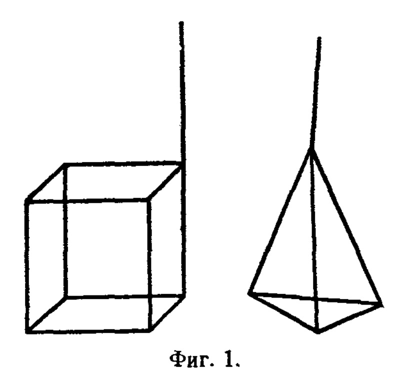
Эта мысль была вполнѣ осуществлена въ Гентѣ ученымъ *Плато*. Онъ погружаетъ одну жидкость (масло) въ другую равнаго (удѣльнаго) вѣса, именно въ смѣсь воды съ виннымъ спиртомъ. Согласно принципу *Архимеда*, масло теряетъ въ этой смѣси весь свой вѣсъ, оно не падаетъ уже внизъ подъ собственной своей тяжестью и силы, придающія маслу опредѣленную форму, какъ бы слабы онѣ ни были, имѣютъ возможность свободно дѣйствовать.

И, дѣйствительно, къ нашему удивленію мы замѣчаемъ, что масло не разливается по смѣси отдѣльнымъ слоемъ и не образуетъ безформенной массы, а принимаетъ форму прекраснаго, вполнѣ совершеннаго шара, свободно парящаго въ смѣси, подобно лунѣ

въ міровомъ пространствѣ. Такъ можно получить изъ масла шаръ въ нѣсколько дюймовъ діаметромъ.

Если въ этотъ масляный шарикъ внести на проволокѣ небольшой дискъ и вращать проволоку между пальцами, то можно привести въ движеніе весь шарикъ. При этомъ онъ немного сплющивается и можно даже добиться того, чтобъ отъ него отдѣлилось кольцо, подобно кольцу Сатурна. Кольцо это въ концѣ концовъ разрывается и распадается на нѣсколько небольшихъ шариковъ, давая приблизительное представленіе о возникновеніи нашей планетной системы, согласно теоріи *Канта и Лапласа.*

Явленія становятся еще болѣе своеобразными, если помѣшать до извѣстной степени дѣйствію формирующихъ силъ жидкости, приведя въ соприкосновеніе съ ея поверхностью какое-нибудь твердое тѣло. Если, напримѣръ, въ масло погрузить проволочный остовъ куба, масло вездѣ будетъ прилипать къ проволокѣ. При достаточномъ количествѣ масла можно получить масляный кубъ съ совершенно плоскими стѣнками. Если же масла слишкомъ много или слишкомъ мало, то стѣнки куба становятся выпуклыми или вогнутыми. Подобнымъ же образомъ можно получить изъ масла самыя разнообразныя геометрическія фигуры, какъ трехгранную пирамиду или цилиндръ; въ послѣднемъ случаѣ масло помѣщаютъ между двумя проволочными кольцами.



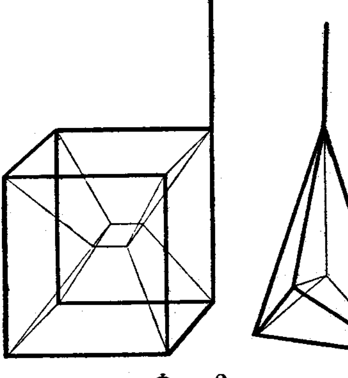
Фиг. 1.

Интересно, какъ измѣняется форма жидкости, если изъ такого куба или изъ пирамиды высасывать постепенно масло съ помощью небольшой стекляной трубочки. Проволока крѣпко удерживаетъ масло. Фигура становится внутри все бѣднѣе и бѣднѣе масломъ и въ концѣ концовъ совершенно тонкой. Она состоитъ, наконецъ, изъ нѣсколькихъ тонкихъ плоскихъ пластинокъ, отходящихъ отъ реберъ куба и сходящихся въ серединѣ его въ небольшой каплѣ масла. Тоже самое происходитъ и въ пирамидѣ.

Здѣсь сама собой напрашивается мысль, что такая тонкая жидкая фигура, обладающая и вѣсомъ весьма незначительнымъ, не можетъ уже быть раздавленной подъ его тяжестью, какъ не можетъ быть раздавлена подъ тяжестью своего вѣса небольшой

мягкій шарикъ изъ глины. Но въ такомъ случаѣ намъ нѣтъ вовсе надобности въ смѣси воды съ виннымъ спиртомъ для полученія нашихъ фигуръ, а мы можемъ получать ихъ на открытомъ воздухѣ. И дѣйствительно, какъ нашелъ тотъ же *Плато*, можно получить такія тонкія фигуры или, по крайней мѣрѣ, весьма сходныя съ ними просто на открытомъ воздухѣ. Для этого нужно только погрузить упомянутыя проволочныя фигуры на одинъ моментъ въ мыльный растворъ. Опытъ этотъ продѣлать нетрудно. Фигура образуется сама собой безъ всякаго затрудненія. На фигурѣ 2 изображены кубъ и пирамида, которые при этомъ получаются. Въ кубѣ отъ его реберъ отходятъ тонкія, плоскія мыльныя пленки къ небольшой квадратной пленкѣ въ его серединѣ. Въ пирамидѣ отходятъ отъ каждаго ребра по пленкѣ къ центру пирамиды.

Фигуры эти такъ красивы, что трудно ихъ точно описать. Ихъ замѣчательная правильность и геометрическая точность приводятъ въ изумленіе всякаго, кто видитъ ихъ въ первый разъ. Къ сожалѣнію, онѣ только не долговѣчны. Онѣ лопаются, высыхая на воздухѣ, показавъ намъ предварительно самую блестящую игру красокъ, столь характерную вообще для мыльныхъ пузырей. Отчасти ради красоты фигуръ, отчасти для болѣе точнаго ихъ изслѣдованія возникаетъ желаніе закрѣпить ихъ форму. Достигается это очень просто. Вмѣсто мыльнаго раствора погружаютъ для этого проволочную сѣтку въ расплавленную чистую канифоль или клей. Какъ только мы извлекаемъ ее оттуда, фигура сейчасъ образуется и застываетъ на воздухѣ.



Фиг. 2.

Слѣдуетъ замѣтить, что и массивныя жидкія фигуры могутъ быть получены на открытомъ воздухѣ, если только сдѣлать ихъ достаточно малаго вѣса, т. е. если воспользоваться для этого достаточно малыми проволочными сѣтками. Если приготовить себѣ, напримѣръ, изъ очень тонкой проволоки остовъ кубика, ребро котораго имѣло бы въ длину не болѣе 3 мм., то стоитъ погрузить таковой просто въ воду, чтобы получить массивный небольшой водяной кубикъ. При помощи кусочка пропускной бумаги нетрудно

удалить излишнюю воду и сдѣлать стѣнки кубика болѣе ровными.

Есть еще и другой простой способъ наблюдать фигуры изъ жидкости. Капелька воды, помѣщенная на покрытой жиромъ стеклянной пластинкѣ, если она достаточно мала, не расплывается, а только нѣсколько сплющивается подъ дѣйствіемъ своего вѣса, которымъ она придавливается къ подставкѣ. Сплющиваніе это тѣмъ меньше, чѣмъ меньше капля. Далѣе, чѣмъ меньше капля, тѣмъ болѣе она приближается къ формѣ шарика. Наоборотъ, капля, висящая на палочкѣ, подъ дѣйствіемъ своего вѣса удлиняется. Нижнія части капли, прилегающія къ подставкѣ, придавливаются къ ней, верхнія части придавливаются къ нижнимъ, потому что послѣднія не могутъ перемѣститься и уступить имъ мѣсто. Если-же капля падаетъ свободно, то всѣ части ея движутся съ равной скоростью, ни одна не мѣшаетъ другой, а потому и ни одна не давитъ на другую. Свободно падающая капля не испытываетъ, слѣдовательно, дѣйствія собственной своей тяжести, она какъ-бы не имѣетъ тяжести и принимаетъ форму шара.

Обозрѣвая всѣ фигуры изъ мыльной пленки, которыя могутъ быть получены съ помощью различныхъ проволочныхъ сѣтокъ, мы можемъ констатировать большое разнообразіе ихъ. Послѣднее не можетъ однако скрыть отъ насъ и общихъ ихъ чертъ.

«Alle Gestalten sind ähnlich, und keine gleichet der anderen;
Und so deutet das Chor auf ein geheimes Gesetz» [1]).

Плато открылъ этотъ тайный законъ. Онъ можетъ быть кратко выраженъ въ слѣдующихъ двухъ положеніяхъ:

1. Если въ фигурѣ встрѣчаются нѣсколько плоскихъ пленокъ жидкости, то ихъ всегда бываетъ числомъ три, и каждая пара ихъ образуетъ почти равные углы.

2. Если въ фигурѣ изъ жидкости встрѣчается между собой нѣсколько реберъ, то ихъ всегда бываетъ числомъ четыре, и каждая пара ихъ образуетъ почти равные углы.

Передъ нами два довольно странныхъ параграфа непоколебимаго закона, основанія котораго намъ трудно понять. Но то же самое приходится часто наблюдать и на другихъ законахъ. Не всегда удается по редакціи закона узнать разумные мотивы законодателя. Въ дѣйствительности же не трудно свести наши два параграфа къ

---

[1]) „Всѣ формы подобны, но ни одна не равна другой; и Хоръ толкуетъ это, какъ проявленіе тайнаго закона“.

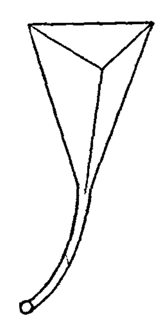
весьма простымъ основаніямъ. Если они выполнены въ точности, то дѣло сводится къ тому, чтобы поверхность жидкости имѣла наименьшіе, возможные при данныхъ условіяхъ, размѣры.

Представимъ себѣ, что какой-нибудь очень интеллигентный, знакомый со всѣми пріемами высшей математики... портной поставилъ себѣ задачу покрыть проволочный остовъ куба какой-нибудь тканью такъ, чтобъ каждый кусокъ ея примыкалъ къ проволокѣ и былъ также въ связи со всей тканью. Допустимъ, что, совершая эту работу, онъ руководствуется еще побочнымъ намѣреніемъ— возможно больше ткани... сберечь. Онъ могъ бы получить тогда одну только фигуру, именно ту, которая образуется сама собой изъ мыльнаго раствора на проволочной сѣткѣ. При образованіи фигуръ изъ жидкости природа слѣдуетъ принципу этого алчнаго портного и совершенно не заботится о фасонѣ. Но странно: при этомъ самъ собой получается самый прекрасный фасонъ!

Приведенные нами выше два параграфа имѣютъ силу только для мыльныхъ фигуръ. Къ массивнымъ фигурамъ изъ масла они, само собою разумѣется, примѣнены быть не могутъ. Но тотъ принципъ, что поверхность жидкости должна быть при этомъ наименьшей, возможной при данныхъ условіяхъ, относится ко всѣмъ фигурамъ изъ жидкости. Если человѣкъ знакомъ не только съ буквой закона, но и съ мотивами его, онъ разберется и въ тѣхъ случаяхъ, къ которымъ буква закона не совсѣмъ уже удачно подходитъ. И такъ именно обстоитъ дѣло съ принципомъ наименьшей поверхности. Имъ можно руководствоваться вездѣ, даже тамъ, гдѣ приведенные выше два параграфа не годятся болѣе.

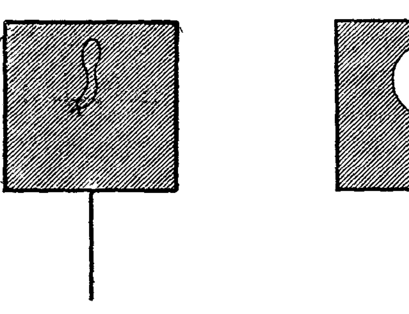
Намъ нужно теперь, слѣдовательно, прежде всего наглядно показать, что фигуры изъ жидкости образуются по принципу наименьшей поверхности. Въ нашей проволочной пирамидѣ масло въ смѣси воды съ виннымъ спиртомъ прилипаетъ къ ребрамъ пирамиды, отъ которыхъ оно отстать не можетъ, и данное количество масла стремится принять такую форму, чтобы поверхность ея оказалась при этомъ возможно меньшей. Попробуемъ воспроизвести всѣ эти соотношенія! Мы покрываемъ проволочную пирамиду каучуковой пленкой и проволочную ручку замѣняемъ трубочкой, ведущей во внутрь замкнутаго каучукомъ пространства. Черезъ эту трубочку мы легко можемъ вдувать или высасывать воздухъ. Данное количество воздуха представляетъ намъ количество масла, а натянутый каучуковый покровъ, обнаруживающій стремленіе къ возможно большему сжатію и прилипающій къ проволокѣ, предста-

вляетъ намъ стремящуюся къ уменьшенію поверхность масла. И, дѣйствительно, вдувая и высасывая воздухъ, мы можемъ получить


Фиг. 3.

всѣ прежнія пирамиды со стѣнками отъ самыхъ выпуклыхъ до самыхъ вогнутыхъ. Наконецъ, высосавъ весь воздухъ, мы получаемъ нашу мыльную фигуру. Каучуковые листочки совсѣмъ совпадаютъ, становятся совершенно плоскими и четырьмя острыми ребрами сходятся въ центрѣ пирамиды.

На мыльныхъ пленкахъ это стремленіе къ уменьшенію, какъ показалъ Van der Mensbrugghe, можетъ быть доказано непосредственно. Если въ мыльный растворъ погрузить проволочный квадратъ съ ручкой, то на немъ образуется красивая плоская мыльная пленка. Положимъ на нее тонкую (шелковую) нитку, концы которой связаны. Если пробить жидкость, замкнутую ниткой, мы получаемъ мыльную пленку съ круглымъ отверстіемъ, границы котораго

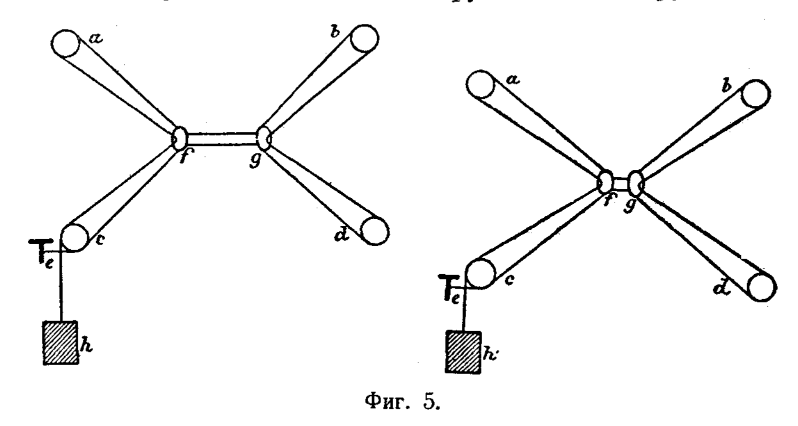

Фиг. 4.

образуются ниткой, пленку, напоминающую плиту въ кухнѣ. Такъ какъ остатокъ пленки стремится къ наивозможному уменьшенію, то отверстіе становится наибольшимъ, возможнымъ при данной длинѣ нитки, что достигается только въ случаѣ круглаго отверстія.

И свободная отъ дѣйствія тяжести масса масла тоже принимаетъ форму шара на основаніи принципа наименьшей поверхности. Шаръ есть форма наименьшей поверхности при наибольшемъ объемѣ. Принимаетъ же и дорожный сакъ тѣмъ больше форму шара, чѣмъ больше мы его наполняемъ.

Какимъ образомъ этотъ принципъ наименьшей поверхности можетъ привести къ двумъ нашимъ страннымъ параграфамъ? Выяснимъ это на одномъ болѣе простомъ примѣрѣ. Пусть гладкая нитка, прикрѣпленная къ гвоздю *e*, охватываетъ четыре неподвиж-

ныхъ блока a b c d и пройдя черезъ два подвижныхъ кольца f g, носитъ на второмъ своемъ концѣ грузъ h. Этотъ грузъ имѣетъ



Фиг. 5.

одно только стремленіе — падать внизъ, слѣдовательно, часть нитки e h возможно больше удлинить и, слѣдовательно, остальную ея часть возможно укоротить. Нить должна оставаться въ связи съ блоками и черезъ кольца части ея должны оставаться въ связи между собой. Условія здѣсь, слѣдовательно, тѣ же, что и въ фигурахъ изъ жидкости, а потому и результатъ здѣсь получается подобный же. Если сталкиваются четыре пары шнурковъ, какъ это показано на фигурѣ справа, то на этомъ дѣло не кончается. Вслѣдствіе стремленія нитки къ сокращенію кольца расходятся и притомъ такъ, что теперь вездѣ сходятся три пары шнурковъ и между каждой парой образуются равные углы (въ 120°). И, дѣйствительно, именно при такомъ расположеніи достигается наибольшее сокращеніе нити, что можетъ быть доказано съ помощью элементарной геометріи.

Отсюда мы можемъ до нѣкоторой степени понять образованіе прекрасныхъ и сложныхъ фигуръ вслѣдствіе одного стремленія жидкости къ наименьшей поверхности. Но тутъ возникаетъ новый вопросъ: почему же жидкости стремятся къ наименьшей поверхности?

Частицы жидкости прилипаютъ другъ къ другу. Капли, приведенныя въ соприкосновеніе другъ съ другомъ, сливаются. Мы можемъ сказать, что частицы жидкости притягиваются другъ къ другу. Затѣмъ онѣ стремятся по возможности приблизиться другъ къ другу. Части, находящіяся на поверхности, будутъ стремиться, поэтому, по возможности проникнуть внутрь массы жидкости. Этотъ процессъ можетъ завершиться только тогда, когда поверхность ея

станетъ настолько малой, насколько это возможно при данныхъ условіяхъ, когда на поверхности останется возможно меньше частичекъ, когда внутрь ея массы проникнетъ возможно больше частичекъ, когда силамъ притяженія ничего болѣе дѣлать не останется [1]).

Такимъ образомъ суть принципа наименьшей поверхности, который на первый взглядъ представляется принципомъ довольно невиннаго значенія, сводится къ другому еще болѣе простому принципу, который можно наглядно выразить слѣдующимъ образомъ. Силы притяженія и отталкиванія природы мы можемъ разсматривать, какъ ея намѣренія. То внутреннее давленіе, которое мы чувствуемъ до совершенія какого-нибудь дѣйствія и которое мы называемъ намѣреніемъ, въ концѣ концовъ не такъ уже сильно отличается по существу своему отъ давленія камня на свою подставку или отъ вліянія одного магнита на другой, чтобы нельзя было къ тѣмъ и другимъ явленіямъ, по крайней мѣрѣ въ извѣстномъ отношеніи, примѣнить одно и то же названіе. Итакъ, природа имѣетъ намѣреніе приблизить желѣзо къ магниту, камень къ центру земли и т. д. Когда такое намѣреніе можетъ быть осуществлено, оно осуществляется. Но безъ всякихъ намѣреній природа не дѣлаетъ ничего. Въ этомъ отношеніи она поступаетъ вполнѣ такъ, какъ какой нибудь хорошій дѣлецъ.

Природа стремится опустить грузы возможно ниже. Мы можемъ поднять грузъ, если заставимъ опускаться внизъ другой, большій грузъ, или если удовлетворимъ другое, болѣе сильное, намѣреніе природы. Если же намъ кажется, что мы хитро пользуемся природой, то при ближайшемъ разсмотрѣніи дѣло оказывается совсѣмъ иначе: оказывается всегда, что именно она воспользовалась нами, чтобы осуществить свои намѣренія.

Равновѣсіе, покой существуютъ лишь тогда, когда природа не можетъ достичь ни одной изъ своихъ цѣлей. когда силы ея удовлетворены настолько, насколько это возможно при данныхъ условіяхъ. Такъ, напримѣръ, тяжелыя тѣла находятся въ равновѣсіи, когда, такъ называемый, центръ тяжести ихъ находится возможно ниже или когда возможно ниже опускается столько груза, сколько было возможно при данныхъ условіяхъ.

Трудно отказаться отъ мысли, что этотъ принципъ сохраняетъ

---

[1]) Такія задачи на максимумъ или минимумъ играютъ большую роль во всѣхъ почти хорошо разработанныхъ частяхъ физики.

свое значеніе и за предѣлами области, такъ называемой, неживой природы. И въ государствѣ равновѣсіе существуетъ тогда, когда намѣренія партій удовлетворены настолько, насколько это возможно въ данный моментъ, или—какъ это можно было бы выразиться шутя на языкѣ физики—когда соціальная потенціальная энергія достигла минимума [1]).

Вы видите, нашъ принципъ купца-скопидома богатъ послѣдствіями. Результатъ самаго трезваго изслѣдованія, онъ сталъ для физики столь же плодотворнымъ, какъ сухіе вопросы Сократа для науки вообще. Если этотъ принципъ кажется слишкомъ мало идеальнымъ, то зато тѣмъ идеальнѣе его плоды.

И почему бы наукѣ стыдиться такого принципа? Что она сама такое? Дѣло—и больше ничего! [2]). Ставитъ же и она своей задачей—при возможно меньшей затратѣ труда, въ возможно болѣе короткое время, съ возможно меньшимъ даже запасомъ идей достичь возможно бóльшаго въ дѣлѣ познанія вѣчной, безконечной истины [3]).

---

[1]) Сходныя съ этимъ разсужденія см. Quételet, «du systême sociale».

[2]) Сама наука можетъ разсматриваться, какъ задача на максимумъ и минимумъ, подобно торговому дѣлу купца. Да и вообще вовсе не такъ уже велика разница между духовной дѣятельностью научнаго изслѣдователя и дѣятельностью повседневной жизни, какъ это обыкновенно себѣ представляютъ.

[3]) См. статью XIII.

II.

О волокнахъ Корти въ ухѣ [1]).

Кто часто путешествовалъ, тотъ знаетъ, что чѣмъ больше мы путешествуемъ, тѣмъ сильнѣе становится наша страсть къ путешествіямъ. Какой прекрасный видъ долженъ открыться на эту лѣсистую долину вонъ съ того холма! Куда убѣгаетъ этотъ свѣтлый ручей, скрывающійся вонъ тамъ, въ тростникѣ? Какой видъ открывается тамъ, за той горой, хотѣлось бы знать? Такъ размышляетъ ребенокъ, которому впервые приходится совершать какую-нибудь поѣздку. То же самое испытываетъ и естествоиспытатель.

Первые вопросы возникаютъ въ умѣ изслѣдователя подъ дѣйствіемъ практическихъ соображеній, но послѣдующіе — нѣтъ. Къ нимъ влечетъ уже неодолимая сила, интересъ болѣе благородный, выходящій далеко за предѣлы матеріальной потребности. Разсмотримъ одинъ спеціальный случай.

Уже съ давнихъ поръ привлекаетъ къ себѣ вниманіе анатомовъ устройство органа слуха. Ихъ работѣ обязаны мы изряднымъ количествомъ важныхъ открытій, ими былъ установленъ цѣлый рядъ фактовъ и истинъ. Но вмѣстѣ съ этими фактами появлялся рядъ новыхъ, удивительныхъ загадокъ.

Ученіе объ организаціи и устройствѣ различныхъ частей глаза разработано уже до большой сравнительно ясности. Развитіе ученія о лѣченіи глазъ тоже достигло ступени, о которой въ XVIII столѣтіи едва смѣли мечтать, и врачъ при помощи глазного зеркала можетъ разсмотрѣть всю внутренность глаза. Въ другомъ положеніи—теорія уха: здѣсь приходится констатировать мракъ, столь же таинственный, сколь притягательный для научнаго изслѣдователя.

---

[1]) Популярная лекція, прочитанная въ 1864 году въ Грацѣ.

Посмотрите-ка на эту модель уха! Посмотрите на эту знакомую всѣмъ часть ея, по величинѣ которой люди судятъ объ умѣ человѣка, т. е. на ушную раковину. Вотъ здѣсь уже начинаются загадки! Вотъ рядъ порой очень изящныхъ извилинъ, значеніе которыхъ не поддается точному опредѣленію. А между тѣмъ существуютъ же онѣ здѣсь для чего-нибудь!

Изъ ушной раковины (*a* въ нашей схемѣ) звукъ направляется въ многократно изогнутый слуховой проходъ *b*, конецъ котораго замыкается тонкой перепонкой, такъ называемой, барабанной перепонкой *e*. Звукъ приводитъ ее въ движеніе, которое передается далѣе ряду небольшихъ, удивительно устроенныхъ, косточекъ (*c*). Въ концѣ находится лабиринтъ (*d*). Онъ состоитъ изъ нѣсколькихъ, наполненныхъ жидкостью, полостей, въ которыхъ лежатъ безчисленныя волокна слухового нерва. Колебаніемъ косточекъ *c* приводится въ сотрясеніе жидкость лабиринта и слуховой нервъ раздражается. Тогда начинается процессъ слуха. Вотъ все, что установлено наукой. Что же касается подробностей, то здѣсь множество неразрѣшенныхъ еще вопросовъ.

Фиг. 6.

Ко всѣмъ этимъ загадкамъ *А. Корти* въ 1851 году прибавилъ еще одну. И—странное дѣло—именно эта загадка, по всей вѣроятности, нашла первое правильное разрѣшеніе. Вотъ объ этомъ у насъ и будетъ рѣчь сегодня.

Корти нашелъ въ улиткѣ, одной части лабиринта, большое число микроскопическихъ волоконъ, расположенныхъ рядомъ на подобіе скáлы съ геометрической почти правильностью. *Келликеръ* насчиталъ до 3000 такихъ волоконъ. Занимались изслѣдованіемъ ихъ также *Максъ Шульце* и *Дейтерсъ*.

Я не буду останавливаться на описаніи подробностей, такъ какъ это только затруднило бы васъ, не внеся въ дѣло большей ясности. Скажу, поэтому, только коротко, что́, по мнѣнію такихъ выдающихся естествоиспытателей, какъ *Гельмгольцъ* и *Фехнеръ*, является въ этихъ волокнахъ существеннымъ. Въ улиткѣ находится, повидимому, большое число упругихъ волоконъ постепенно укорачивающейся длины (см. фиг. 7), на которыхъ покоятся развѣтвленія слухового нерва. Очевидно, что эти волокна *Корти*, неравной длины, должны обладать и упругостью неравной, а потому и должны быть настроены на различные тоны. Улитка, слѣдовательно, есть своего рода піанино.

Фиг. 7.

Для чего можетъ пригодиться такой аппаратъ, подобнаго которому нѣтъ ни въ какомъ другомъ органѣ чувствъ? Не стоитъ ли онъ въ связи съ какой-нибудь столь же своеобразной особенностью уха? Такая особенность, дѣйствительно, существуетъ. Вы знаете, конечно, что въ симфоніи можно прослѣдить тотъ или другой изъ голосовъ въ отдѣльности. Даже въ баховской фугѣ это еще возможно, а это, вѣдь, уже трудная вещь. Въ гармоніи, какъ и въ величайшей путаницѣ звуковъ, наше ухо способно различить отдѣльные тоны. Музыкальное ухо анализируетъ всякую смѣсь тоновъ. Въ глазѣ мы аналогичной способности не находимъ. Кто могъ бы, напримѣръ, разсмотрѣть въ бѣломъ цвѣтѣ (не узнавъ этого путемъ физическаго эксперимента), что онъ есть цвѣтъ сложный, составленный изъ цѣлаго ряда цвѣтовъ? И вотъ существуетъ ли, дѣйствительно, связь между этими двумя вещами, названнымъ свойствомъ уха и аппаратомъ его, открытымъ *Корти*? Это весьма вѣроятно. Загадка разрѣшается, если мы принимаемъ, что каждому тону опредѣленной высоты соотвѣтствуетъ спеціальное волокно въ ушномъ піанино *Корти*, а слѣдовательно, и спеціальное, покоющееся на немъ развѣтвленіе нерва.

Чтобы имѣть возможность дать вамъ вполнѣ ясное представленіе объ этомъ, я попрошу васъ сдѣлать со мной нѣсколько шаговъ въ сухую область физики.

Посмотрите на маятникъ. Выведенный изъ состоянія равновѣсія толчкомъ, напримѣръ, онъ начинаетъ качаться въ опредѣленномъ тактѣ, зависящемъ отъ его длины. Болѣе длинные маятники качаются медленнѣе, болѣе короткіе—быстрѣе. Пусть нашъ маятникъ совершаетъ одно полное колебаніе (т. е. въ одну и противоположную сторону) въ одну секунду.

Маятникъ легко можетъ быть приведенъ въ сильное колебательное движеніе двоякимъ образомъ: или сильнымъ внезапнымъ ударомъ, или рядомъ небольшихъ толчковъ, соообщаемыхъ въ соотвѣтственномъ порядкѣ. Пусть, напримѣръ, маятникъ находится въ положеніи равновѣсія и мы сообщаемъ ему очень небольшой толчокъ. Онъ совершаетъ тогда очень небольшое колебаніе. Когда онъ по истеченіи одной секунды въ третій разъ проходитъ черезъ положеніе равновѣсія, мы снова сообщаемъ ему очень небольшой толчекъ въ направленіи перваго толчка. По истеченіи второй секунды, при пятомъ прохожденіи черезъ положеніе равновѣсія мы снова сообщаемъ ему очень небольшой толчокъ и т. д. Вы видите, что при такой операціи наши толчки будутъ усиливать существую-

щее уже движеніе маятника. Послѣ каждаго небольшого толчка размахъ колебаній станетъ больше и, наконецъ, движеніе станетъ очень велико [1]).

Но это удается намъ не всегда, а только тогда, когда мы сообщаемъ маятнику толчокъ въ томъ же тактѣ, въ которомъ онъ самъ стремится качаться. Если бы, напримѣръ, мы сообщили маятнику второй толчокъ по истеченіи полусекунды и въ направленіи перваго толчка, то онъ дѣйствовалъ бы въ направленіи, противоположномъ движенію маятника. Вообще нетрудно замѣтить, что движеніе маятника тѣмъ болѣе усиливается, чѣмъ болѣе тактъ нашихъ небольшихъ толчковъ приближается къ собственному такту маятника. Если же тактъ толчковъ не совпадаетъ съ тактомъ качанія маятника, то въ одни моменты они усиливаютъ его качаніе, но въ другихъ задерживаютъ его. Въ общемъ и цѣломъ эффектъ бываетъ тѣмъ меньше, чѣмъ болѣе движеніе нашей руки не совпадаетъ съ движеніемъ маятника [2]).

То что мы сказали о маятникѣ, можно сказать и о всякомъ тѣлѣ, совершающемъ колебательныя движенія. Звучащій камертонъ тоже совершаетъ колебательныя движенія. Движеніе это бываетъ тѣмъ быстрѣе, чѣмъ выше тонъ его и тѣмъ медленнѣе, чѣмъ онъ ниже. Нашъ камертонъ, настроенный на тонъ A, совершаетъ 450 колебаній въ секунду.

Я ставлю рядомъ на столъ два совершенно одинаковыхъ камертона, снабженныхъ для резонанса соотвѣтственными деревянными коробками. Я сообщаю одному изъ нихъ сильный ударъ, чтобы получить сильный тонъ, и сейчасъ же прикасаюсь къ нему рукой, чтобы заглушить тонъ. Тѣмъ не менѣе вы совершенно

---

[1]) Этотъ экспериментъ вмѣстѣ со связанными съ нимъ разсужденіями принадлежитъ *Галилею*.

[2]) (При болѣе близкомъ разсмотрѣніи процессъ оказывается нѣсколько сложнѣе. Если колебательное движеніе не встрѣчаетъ ни малѣйшаго сопротивленія и сообщаемый нами толчокъ происходитъ *точно* въ тактъ колебанія, то размахъ колебанія можетъ возрасти до безконечности. Если тактъ сообщаемаго движенія хотя бы въ малѣйшемъ не совпадаетъ съ продолжительностью колебанія маятника, то за періодомъ усиленія, тѣмъ болѣе продолжительнымъ, чѣмъ меньше эта разница, слѣдуетъ періодъ ослабленія равной продолжительности. Эта смѣна усиленія и ослабленія повторяется много разъ, что легко поддается наблюденію, если при помощи камертона, приводимаго въ колебательное движеніе электричествомъ, вызвать колебанія въ другомъ камертонѣ, нѣсколько иначе настроенномъ. Чѣмъ меньше разница между ними, тѣмъ дольше продолжается фаза усиленія и тѣмъ большаго размаха можетъ достичь второй камертонъ. 1902).

явственно продолжаете слышать тотъ же тонъ. Дотронувшись до второго камертона, вы можете убѣдиться въ томъ, что вибрируетъ именно онъ, хотя онъ толчка не получалъ.

Я приклеиваю теперь немного воску къ ножкамъ одного камертона. Отъ этого онъ разстраивается и тонъ его становится нѣсколько ниже. Повторяю тотъ же экспериментъ съ двумя камертонами неравной уже высоты, т. е. ударяю одинъ камертонъ и сейчасъ же схватываю его рукой. Какъ только я прикасаюсь къ нему, тонъ сейчасъ же замираетъ.

Какъ же объясняются эти два опыта? Очень просто! Вибрирующій камертонъ сообщаетъ воздуху 450 толчковъ въ секунду. Эти толчки черезъ воздухъ сообщаются второму камертону. Если этотъ послѣдній настроенъ на тотъ же тонъ, т. е. если онъ, будучи приведенъ въ движеніе отдѣльно, колеблется въ томъ же тактѣ, то достаточно первыхъ толчковъ, какъ бы малы они ни были, чтобы увлечь его въ такое же сильное колебательное движеніе Но этого не бываетъ, разъ только тактъ колебаній обоихъ камертоновъ нѣсколько различенъ. Сколько бы камертоновъ ни звучало, камертонъ, настроенный на тонъ А, не будетъ отзываться ни на одинъ тонъ, кромѣ собственнаго или очень близкихъ къ нему тоновъ. Вы можете привести въ движеніе одновременно 3, 4, 5... камертоновъ, нашъ камертонъ будетъ отзываться только тогда, когда среди нихъ будетъ камертонъ, настроенный на тонъ А. Такимъ образомъ среди звучащихъ тоновъ онъ выбираетъ тотъ, который ему соотвѣтствуетъ.

То же самое можно сказать обо всѣхъ тѣлахъ, способныхъ звучать. Когда вы играете на піанино, то стоитъ вамъ взять опредѣленные тоны, чтобы зазвучали чайные стаканы или оконныя стекла. Аналогичное этому явленіе можно найти въ другихъ областяхъ. Представьте себѣ собаку, откликающуюся на имя Филаксъ. Собака лежитъ подъ столомъ. Вы говорите о Геркулесѣ и Платонѣ, называете имена всѣхъ героевъ, которые только приходятъ вамъ въ голову. Собака не трогается съ мѣста, хотя очень легкое движеніе ея уха указываетъ, что она слѣдитъ сознательно за вашей рѣчью. Но стоитъ вамъ назвать имя Филаксъ, чтобы она бросилась къ вамъ съ радостнымъ лаемъ. Камертонъ похожъ на собаку: онъ отзывается на имя А.

Вы улыбаетесь, сударыни! Вы дѣлаете недовольную гримасу: вамъ не нравится эта картина! Я готовъ вамъ показать и другую. Выслушайте же меня въ наказаніе. И съ вами дѣло об-

стоитъ не лучше, чѣмъ съ камертономъ. Множество сердецъ бьется вамъ навстрѣчу. Вы не обращаете на это никакого вниманія; вы остаетесь холодны. Но это не поможетъ вамъ; настанетъ когда-нибудь часъ возмездія. Явится когда-нибудь сердце, бьющееся въ нужномъ ритмѣ; тогда и вашъ часъ пробьетъ. И ваше сердце, захотите ли вы этого или нѣтъ, начнетъ биться съ нимъ въ униссонъ. Эта картина, по крайней мѣрѣ, не совсѣмъ нова, ибо и древнимъ уже, какъ увѣряютъ филологи, была знакома... любовь.

Въ примѣненіи къ тѣламъ, которыя сами звучать не могутъ, этотъ законъ, установленный для звучащихъ тѣлъ, долженъ быть подвергнутъ нѣкоторымъ измѣненіямъ. Такія тѣла отзываются почти на каждый тонъ, но гораздо слабѣе. Цилиндръ, одинъ изъ нашихъ головныхъ уборовъ, какъ извѣстно, не звучитъ. Но если вы во время концерта держите свой цилиндръ въ рукахъ, то вы можете всю симфонію не только прослушать, но и почувствовать въ пальцахъ. Это—какъ и у насъ, людей. Кто самъ можетъ задавать тонъ, тотъ мало заботится о томъ, что говорятъ другіе. Человѣкъ же безхарактерный ко всему присоединяется, во всемъ участвуетъ, и въ обществѣ трезвости, и въ попойкахъ—вездѣ, гдѣ образуется собраніе. Цилиндръ среди колоколовъ—то же, что безхарактерный среди людей съ характеромъ [1]).

Итакъ, тѣло, способное звучать, отзывается всякій разъ, какъ только раздается собственный его тонъ—одинъ или вмѣстѣ съ другими тонами. Сдѣлаемъ теперь еще одинъ шагъ дальше. Что будетъ, если мы соединимъ въ одну группу рядъ способныхъ звучать тѣлъ, высоты тоновъ которыхъ образуютъ нѣкоторую скáлу? Представимъ, себѣ, напримѣръ, рядъ стержней или струнъ (фиг. 8), настроенныхъ на тоны *c d e f g*. Пусть на какомъ-нибудь музыкальномъ инструментѣ раздается аккордъ *c e g*. Каждый изъ стержней будетъ прислушиваться, не содержится ли въ этомъ аккордѣ собственный его тонъ и, найдя его, отзовется и будетъ звучать вмѣстѣ съ нимъ. Стержень *c* сейчасъ же отзовется, слѣдовательно, тономъ *c*, стержень



Фиг. 8.

[1]) (Если колебаніямъ приходится преодолѣвать какое-нибудь сопротивленіе, то это послѣднее по истеченіи нѣкотораго времени, тѣмъ болѣе короткаго, чѣмъ больше сопротивленіе, уничтожаетъ не только движеніе самого колебанія, но и дѣйствіе импульсовъ. Вліяніе прошлаго исчезаетъ тѣмъ быстрѣе, чѣмъ больше сопротивленіе. Такимъ образомъ усиленіе дѣйствія

e—тономъ *e*, стержень *g* — тономъ *g*. Всѣ остальные стержни останутся въ покоѣ и звучать не будутъ.

Долго искать такой инструментъ, какой мы себѣ здѣсь вообразили, намъ не придется. Каждое піанино есть такой аппаратъ, на которомъ можно самымъ нагляднымъ образомъ воспроизвести описанный здѣсь экспериментъ. Мы устанавливаемъ рядомъ два одинаково настроенныхъ піанино. На одномъ мы вызываемъ нѣкоторые тоны, а другое заставляемъ отзываться, приподнявъ демпферъ и давъ такимъ образомъ струнамъ возможность колебаться.

Каждая гармонія, взятая на первомъ піанино, ясно звучитъ и на второмъ. Покажемъ теперь, что на второмъ піанино отзываются тѣ самыя струны, которыя были приведены въ движеніе на первомъ, для чего мы нѣсколько видоизмѣнимъ нашъ экспериментъ. Опустивъ и на второмъ піанино демпферъ, мы держимъ на немъ только клавиши *c e g*, а на первомъ быстро беремъ *c e g*. Гармонія *c e g* звучитъ и теперь и на второмъ піанино. Но если мы на одномъ держимъ только клавишу *g*, а на второмъ беремъ *c e g*, то отзывается тонъ *g*. Отсюда ясно, что могутъ вызвать другъ друга только одинаковымъ образомъ настроенныя струны обоихъ піанино.

Піанино можетъ воспроизвести всякій звукъ, сложенный изъ его музыкальныхъ тоновъ. Такъ, напримѣръ, оно очень ясно воспроизводитъ пропѣтый передъ нимъ гласный звукъ. И дѣйствительно, и въ физикѣ доказывается, что гласныя могутъ быть составлены изъ простыхъ музыкальныхъ тоновъ.

Вы видите, что, вызванные въ воздухѣ, опредѣленные тоны вызываютъ на піанино съ механической необходимостью вполнѣ опредѣленныя движенія. Этимъ можно пользоваться для кое-какихъ интересныхъ фокусовъ. Представьте себѣ ящичекъ, въ которомъ натянута струна, издающая тонъ опредѣленной высоты. Стоитъ пропѣть или просвистать этотъ тонъ, чтобы она пришла въ движеніе. При современномъ состояніи механики совсѣмъ нетрудно устроить ящичекъ такъ, чтобы струна, придя въ колебательное движеніе, замыкала гальваническую цѣпь и открывала замокъ. Столь же нетрудно было бы устроить ящичекъ такъ,

---

импульсовъ бываетъ вообще ограничено болѣе или менѣе короткимъ временемъ. Но и вліяніе разности колебаній, тоже основанное на сложеніи во времени, можетъ оказаться замѣтнымъ только въ болѣе слабой степени 1902).

чтобы онъ открывался на свистъ опредѣленной мелодіи. Одно волшебное слово и падаютъ запоры! Вотъ и новый волшебный замокъ, еще одна часть того сказочнаго міра древности, изъ котораго столь много уже въ наше время воплощено въ дѣйствительность, того сказочнаго міра, что намъ снова недавно напомнилъ телеграфъ *Казелли*, съ помощью котораго можно прямо писать вдаль собственнымъ почеркомъ. Что сказалъ бы по поводу всѣхъ этихъ вещей добрый старый *Геродотъ*, который уже въ Египтѣ по поводу многаго только головой покачивалъ?—«ἐμοὶ μὲν οὐ πιστά», («мнѣ трудно повѣрить»), сказалъ бы онъ столь же чистосердечно, какъ и тогда, когда ему разсказывали о путешествіи вокругъ Африки.

Новый волшебный замокъ! Зачѣмъ же изобрѣтать его? Развѣ самъ человѣкъ не есть такой замокъ? Какія мысли, чувства, ощущенія не пробуждаютъ въ немъ порой одно только слово! Есть же у каждаго человѣка свой періодъ, когда одного имени достаточно, чтобы заставить усиленно биться его сердце. Кто бывалъ на народныхъ собраніяхъ, тотъ знаетъ, какую огромную работу, какое движеніе могутъ вызвать невинныя слова: свобода, равенство, братство!

Вернемся однако къ болѣе серьезному предмету нашей бесѣды. Разсмотримъ еще разъ наше піанино или какой-нибудь другой аппаратъ, на него похожій. Что дѣлаетъ такой инструментъ? Всякую смѣсь тоновъ, раздающуюся въ воздухѣ, онъ, очевидно, анализируетъ, разлагаетъ на отдѣльные тоны и каждый изъ этихъ послѣднихъ воспринимается *другой* струной: онъ производитъ настоящій спектральный анализъ звука. Даже совершенно глухой могъ бы при помощи піанино, прикасаясь пальцами къ струнамъ или наблюдая колебанія ихъ въ микроскопъ, сейчасъ же изслѣдовать происходящія въ воздухѣ движенія звука и указать отдѣльные тоны.

Наше ухо обладаетъ тѣмъ же свойствомъ, что и піанино. Оно дѣлаетъ для нашей души то-же, что піанино для уха глухого. Безъ уха душа глуха. Глухой же вмѣстѣ съ піанино до извѣстной степени вовсе не глухъ, хотя слышитъ, конечно, гораздо хуже и съ большимъ трудомъ, чѣмъ не глухой. И наше ухо разлагаетъ звукъ на тоны, изъ которыхъ онъ состоитъ. Я врядъ ли ошибусь, если предположу, что вы догадываетесь уже о роли, которую играютъ при этомъ кортіевы волокна. Мы можемъ представить себѣ это дѣло довольно просто. Воспользуемся однимъ піа-

нино для возбужденія тоновъ, а второе представимъ себѣ находящимся въ ухѣ наблюдателя, на мѣстѣ кортіевыхъ волоконъ, которыя, по всей вѣроятности, представляютъ же собой подобный аппаратъ. Вообразимъ себѣ, что на каждой струнѣ піанино покоится въ ухѣ особое волокно слухового нерва и притомъ такъ, что, когда эта струна приходитъ въ колебательное движеніе, то раздражается только это волокно. Возьмемъ на первомъ піанино какой-нибудь аккордъ. На каждый тонъ его отзывается опредѣленная струна второго. внутренняго піанино и раздражается столько различныхъ нервныхъ волоконъ, сколько содержится тоновъ въ аккордѣ. Одновременныя впечатлѣнія, исходящія отъ различныхъ тоновъ, могутъ сохраняться такимъ образомъ, не смѣшиваясь, и при достаточномъ вниманіи могутъ быть отдѣлены другъ отъ друга. Дѣло здѣсь происходитъ такъ, какъ съ пятью пальцами руки: каждымъ изъ нихъ вы можете осязать что-нибудь другое. Ухо имѣетъ до 3000 такихъ пальцевъ и каждый изъ нихъ предназначенъ для осязанія другого тона [1]) Наше ухо есть волшебный замокъ упомянутаго выше рода. Достаточно волшебнаго пѣнія одного какого-нибудь тона, чтобы оно открылось. Но то замокъ довольно замысловатый. Не одинъ только тонъ, но и каждый тонъ заставляетъ его открываться, только каждый дѣлаетъ это иначе. На каждый тонъ онъ реагируетъ другимъ ощущеніемъ.

Исторія науки знаетъ не мало примѣровъ, когда теорія предсказывала какое нибудь явленіе задолго до того, какъ оно стало доступно наблюденію. *Леверрье* сначала открылъ существованіе планеты Нептунъ и опредѣлилъ его мѣсто въ міровомъ пространствѣ и только впослѣдствіи *Галль* дѣйствительно нашелъ ее въ указанномъ мѣстѣ. *Гамильтонъ* теоретически вывелъ явленія, такъ называемаго, коническаго преломленія свѣта, но только *Ллойду* удалось впервые наблюдать его. И то же самое случилось съ теоріей *Гельмгольца* насчетъ кортіевыхъ волоконъ: и она нашла существенное подтвержденіе, повидимому, въ позднѣйшихъ наблюденіяхъ *Генсена*. Раки имѣютъ на свободной поверхности своего тѣла ряды длинныхъ и короткихъ, толстыхъ и тонкихъ, связанныхъ, вѣроятно, съ слуховыми нервами волосковъ, соотвѣтствующихъ до извѣстной степени волокнамъ *Корти*. И вотъ *Генсену* удалось наблюдать колебательныя движенія этихъ волос-

[1]) Дальнѣйшія соображенія, выходящія за предѣлы изложенной здѣсь мысли *Гельмгольца*, можно найти въ моей книгѣ „Анализъ ощущеній“ (Изданіе второе С. А. Скирмунта. Прим. пер.).

ковъ въ случаѣ возбужденія тоновъ, причемъ различные тоны вызывали колебанія и различныхъ волосковъ.

Я сравнилъ выше дѣятельность естествоиспытателя съ путешествіемъ. Когда вы взбираетесь на новый холмъ, передъ вами открывается новый видъ на всю окрестность. Когда изслѣдователю удается найти рѣшеніе одной загадки, то онъ тѣмъ самымъ рѣшилъ цѣлый рядъ другихъ.

Вы часто, надо думать, удивлялись тому, что, когда вы поете гамму и доходите до октавы, вы получаете ощущеніе какого-то повторенія, почти то же самое ощущеніе, какое вы имѣли при основномъ тонѣ. Явленіе это находитъ себѣ объясненіе въ изложенномъ взглядѣ на ухо. И не только это явленіе, но и всѣ законы гармоніи могутъ быть обобщены и обоснованы съ этой точки зрѣнія съ ясностью, о которой до сихъ поръ и не думали. На сегодня я вынужденъ однако ограничиться однимъ намекомъ на эти заманчивыя, открывающіяся передъ нами перспективы: разсмотрѣніе ихъ завело бы насъ слишкомъ далеко въ другія области знанія.

Такъ и естествоиспытатель долженъ сдѣлать надъ собой насиліе, чтобы итти своимъ путемъ. И его влечетъ отъ одного чуда къ другому, какъ путешественника отъ одной долины къ другой, какъ человѣка вообще обстоятельства толкаютъ изъ одного положенія въ жизни въ другое. Не столько онъ самъ производитъ изслѣдованія, сколько онъ подвергается изслѣдованію. Но необходимо дорожить временемъ! И пусть его взглядъ не блуждаетъ повсюду безъ всякаго плана! Ибо вотъ-вотъ блеснетъ вечерняя заря, и не успѣетъ онъ осмотрѣть еще хорошенько ближайшее чудо, какъ его схватитъ могучая рука и уведетъ его... въ новое царство загадокъ.

Наука нѣкогда стояла въ другомъ совсѣмъ отношеніи къ поэзіи, чѣмъ въ настоящее время. Древніе математики Индіи писали свои теоремы въ стихахъ и въ ихъ задачахъ цвѣли цвѣты лотоса, лиліи и розы, отражались прелестные ландшафты, горы и озера.

«Ты плывешь въ лодкѣ по озеру. Лилія поднимается на одинъ футъ надъ поверхностью воды. Легкій вѣтерокъ наклоняетъ ее и она скрывается подъ водой на два фута дальше отъ прежняго своего мѣста. Скорѣй, математикъ, скажи, какова глубина озера?»

Такъ говоритъ древній индусскій ученый. Эта поэзія исчезла изъ науки, и не безъ основанія. Но отъ сухихъ листовъ ея книгъ вѣетъ другой поэзіей, которую трудно описать тому, кто никогда не чувствовалъ ея. Кто хочетъ вполнѣ насладиться этой поэзіей, тотъ долженъ самъ приняться за работу, долженъ самъ заняться

изслѣдованіемъ. А потому довольно! Я почту себя счастливымъ, если вы не будете раскаиваться въ томъ, что предприняли со мной эту маленькую прогулку въ одну изъ цвѣтущихъ долинъ физіологіи, и если унесете съ собой убѣжденіе, что и о наукѣ можно сказать то же самое, что и о поэзіи:

Wer das Dichten will verstehen,
Muss ins Land der Dichtung gehen;
Wer den Dichter will verstehen,
Muss in Dichters Lande gehen.[1])

---

[1]) Кто хочетъ понять поэзію, тотъ долженъ идти въ страну поэзіи; кто хочетъ понять поэта, тотъ долженъ идти въ страну поэта.

III.

Объясненіе гармоніи[1]).

Тема сегодняшней нашей лекціи представляетъ, можетъ быть, нѣсколько болѣе общій интересъ. Наша тема—*объясненіе гармоніи тоновъ*. Первыя и наиболѣе простыя свѣдѣнія о гармоніи относятся къ весьма древнему времени. Этого нельзя сказать объ объясненіи законовъ ея: оно принадлежитъ новѣйшему времени. Позвольте мнѣ нѣсколько оглянуться назадъ, чтобы сдѣлать краткій историческій обзоръ.

Уже *Пиѳагоръ* (540—500 до Р. Х.) зналъ, что если струну опредѣленнаго напряженія укоротить наполовину, то тонъ ея переходитъ въ октаву, а если укоротить ее на $^2/_3$, то онъ переходитъ въ квинту и что первый основной тонъ даетъ созвучіе съ обоими другими. Онъ зналъ вообще, что одна и та же струна даетъ при равномъ напряженіи созвучные тоны, если послѣдовательно сообщать ей длины, образующія весьма простыя численныя отношенія, относящіяся другъ къ другу, напримѣръ, какъ 1:2, 2:3, 3:4, 4:5 и т. д.

Но причины этого явленія Пиѳагору узнать не удалось. Какая связь существуетъ между созвучными тонами съ одной стороны и простыми числами—съ другой? Такъ спросили бы мы въ настоящее время. Пиѳагору же обстоятельство это казалось, вѣроятно, не столько страннымъ, сколько необъяснимымъ. И въ наивности, соотвѣтствовавшей состоянію науки того времени, онъ искалъ причину гармоніи въ таинственной, чудесной сущности чиселъ. Это обстоятельство дало существенный толчекъ развитію мистики чиселъ, слѣды которой замѣтны еще и до сихъ поръ въ сонникахъ, а также и у тѣхъ ученыхъ, которые чудесное предпочитаютъ ясности.

---

1) Популярная лекція, прочитанная въ 1864 году въ Грацѣ.

Эвклидъ (300 л. до Р. X.) далъ уже опредѣленіе созвучія и диссонанса въ такой формулировкѣ, что лучшей и до сихъ поръ дать нельзя. Консонансъ двухъ тоновъ, говоритъ онъ, состоитъ въ смѣшеніи ихъ, диссонансъ же, наоборотъ, есть неспособность этихъ звуковъ смѣшиваться, почему они и становятся для уха непріятными. Кто знакомъ съ современнымъ объясненіемъ этого явленія, тотъ можетъ, такъ сказать, услышать его и въ словахъ *Эвклида*. Тѣмъ не менѣе *Эвклидъ* не зналъ истиннаго объясненія гармоніи. Онъ безсознательно очень близко подошелъ къ истинѣ, но не достигъ ея.

Лейбницъ (1646—1716) снова занялся вопросомъ, который предшественники его оставили неразрѣшеннымъ. Онъ зналъ, что тоны вызываются колебаніями, что октавѣ соотвѣтствуетъ вдвое больше колебаній, чѣмъ основному тону. Страстный любитель математики, онъ искалъ объясненія гармоніи въ таинственомъ счетѣ и сравненіи простыхъ чиселъ колебаній и въ тайномъ наслажденіи души этимъ занятіемъ. Но какъ же это, скажете вы, если человѣкъ и не подозрѣваетъ, что тоны представляютъ собой колебанія, то счетъ и наслажденіе счетомъ должны быть такой тайной, о которой ни одинъ человѣкъ не знаетъ! Чѣмъ только занимаются философы! Скучнѣйшее занятіе—счетъ сдѣлать принципомъ эстетики! Вы вовсе не неправы, но и мысли *Лейбница* не были, навѣрное, такъ ужъ нелѣпы, хотя трудно понять, что онъ разумѣлъ подъ своимъ таинственнымъ счетомъ.

Подобно *Лейбницу*, и великій *Эйлеръ* (1707—1783) отыскивалъ источникъ гармоніи въ порядкѣ, который обнаруживается въ числѣ колебаній и который душа воспринимаетъ съ большимъ удовольствіемъ.

Рамо и *д'Аламберъ* (1717—1783) подошли нѣсколько ближе къ истинѣ. Они знали, что въ каждомъ, употребляющемся въ музыкѣ, звукѣ, рядомъ съ его основнымъ тономъ можно разслышать дуодециму и ближайшую высшую терцію, что кромѣ того всѣмъ вообще бросается въ глаза сходство между основнымъ тономъ и октавою. Поэтому, присоединеніе октавы, квинты, терціи и т. д. къ основному тону должно было казаться имъ «естественнымъ». Они стояли, конечно, на правильной точкѣ зрѣнія, но одной «естественностью» явленія изслѣдователь удовлетвориться не можетъ. Вѣдь, именно объясненія-то этого «естественнаго» онъ и ищетъ.

Замѣчаніе *Рамо* прозябало въ теченіе всего новѣйшаго времени, но не приводило однако къ полному выясненію истины. *Марксъ* поставилъ его во главу угла своего ученія о композиціи,

но не сдѣлалъ изъ него дальнѣйшаго примѣненія. И *Гете и Цельтеръ* близко подходятъ, такъ сказать, къ истинѣ въ своей перепискѣ. Послѣднему взглядъ *Рамо* былъ извѣстенъ. И вы ужаснетесь, навѣрное, предъ трудностью этой проблемы, если я скажу вамъ, что до самаго послѣдняго времени даже профессора физики не могли давать никакого отвѣта, когда у нихъ спрашивали, какъ объяснить гармонію.

Только недавно *Гельмгольцъ* далъ рѣшеніе этого вопроса [1]). Чтобы выяснить его вамъ, я долженъ упомянуть предварительно о нѣкоторыхъ опытныхъ положеніяхъ физики и психологіи.

1. При всякомъ процессѣ воспріятія, при всякомъ наблюденіи играетъ важную роль внимачіе. За доказательствами ходить недалеко. Вы получаете письмо, написанное очень плохимъ почеркомъ, и вамъ не удается разобрать его. Вы соединяете то тѣ, то другія линіи, но никакъ никакихъ буквъ не получаете. Но вотъ ваше вниманіе привлекаютъ къ себѣ группы линій, дѣйствительно находящихся въ связи, и вы прочитываете письмо. Надписи, состоящія изъ небольшихъ значковъ и украшеній, могутъ быть прочитаны только на большемъ разстояніи, когда вниманіе не отвлекается болѣе отъ общихъ контуровъ на мелкія подробности. Прекраснымъ примѣромъ этого служатъ шуточные рисунки *Джузеппе Арчимбольдо* въ нижнемъ этажѣ Бельведерской галлереи въ Вѣнѣ. Это—символическія изображенія воды, огня и т. д., человѣческія головы, составленныя изъ морскихъ животныхъ и горючихъ матеріаловъ. На близкомъ разстояніи видны только частности, привлекающія къ себѣ наше вниманіе, а на большемъ разстояніи можно видѣть только общія очертанія всей фигуры. Но не трудно найти такую дистанцію, съ которой можно было бы, произвольно направляя вниманіе, видѣть то всю фигуру, то маленькія фигурки, изъ которыхъ она слагается. Часто встрѣчается картинка, изображающая могилу Наполеона. Могила окружена темными деревьями, изъ-за которыхъ выглядываетъ свѣтлое небо, какъ фонъ всей картины. Можно долго смотрѣть на эту картинку, не замѣчая ничего, кромѣ деревьевъ. Но вдругъ между деревьями появляется фигура Наполеона. Это происходитъ тогда, когда мы непроизвольно обращемъ вниманіе на свѣтлый фонъ. На этомъ примѣрѣ какъ нельзя лучше видно, какую важную роль играетъ вниманіе. Одинъ и тотъ

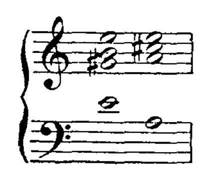
---

[1]) Критическія замѣчанія о неполнотѣ этого рѣшенія можно найти въ моей книгѣ «Анализъ ощущеній». См. также слѣдующую статью.

же чувственный объектъ можетъ, только при содѣйствіи вниманія, служить источникомъ совершенно различныхъ воспріятій.

Когда я воспроизвожу на піанино какую-нибудь гармонію, вы можете фиксировать каждый тонъ ея въ отдѣльности, только направляя соотвѣтственнымъ образомъ вниманіе. Вы слышите тогда яснѣе всего этотъ фиксируемый тонъ, а всѣ остальные являются только придатками, измѣняющими лишь тембръ перваго. Впечатлѣніе, получаемое отъ одной и той-же гармоніи, значительно измѣняется каждый разъ, когда мы переносимъ свое вниманіе отъ одного тона къ другому.

Возьмемъ любую гармонію и будемъ фиксировать сперва верхнюю ноту *e*, а потомъ басъ *e—a*. Одна и та-же гармонія будетъ въ обоихъ этихъ случаяхъ звучать различно. Въ первомъ случаѣ вамъ кажется, будто фиксируемый тонъ остается однимъ и тѣмъ-же и измѣняется только его тембръ, тогда какъ во второмъ случаѣ звукъ весь цѣликомъ понижается. Искусство композиста въ томъ и заключается, чтобы управлять вниманіемъ слушателя. Но существуетъ и искусство слушать, которое также не всякому дается.



Фиг. 9.

Піанистъ хорошо знакомъ съ тѣми замѣчательными эффектами, которые достигаются, если изъ какой-нибудь гармоніи выпустить одну ноту.



Фиг. 10.

Фраза 1, сыгранная на піанино, звучитъ почти такъ же, какъ и 2. Тонъ, ближайшій къ пропущенной клавишѣ, звучитъ послѣ такого пропуска, какъ будто заново взятый. Вниманіе, не отвлекаемое болѣе верхней нотой, сосредоточивается именно на немъ.

Разложить любую гармонію на отдѣльные, входящіе въ ея составъ, тоны можетъ уже музыкальное ухо при не очень большомъ упражненіи. Съ дальнѣйшимъ упражненіемъ можно добиться еще большаго. Музыкальный звукъ, который до тѣхъ поръ принимался за простой, разлагается теперь на рядъ тоновъ. Если, напримѣръ, взять на піанино звукъ 1, то при достаточномъ напряженіи вниманія удается разслышать рядомъ съ этимъ сильнымъ основнымъ тономъ болѣе слабые обертоны 2... 7, т. е. октаву, дуодециму, двойную октаву, терцію, квинту и малую септиму двойной октавы.



Фиг. 11.

Совершенно то же самое можно наблюдать и на каждомъ музыкальномъ звукѣ. Въ каждомъ изъ нихъ можно рядомъ съ основнымъ его тономъ разслышать—конечно, болѣе или менѣе сильно—его октаву, дуодециму, двойную октаву и т. д. Особенно легко наблюдать это на открытыхъ и закрытыхъ трубахъ органа. Въ зависимости отъ того, выступаютъ-ли въ звукѣ болѣе или менѣе сильно тѣ или другіе обертоны, измѣняется тембръ его—та особенность звука, которой звукъ рояля отличается отъ звука скрипки, кларнета и т. д.

На піанино очень легко сдѣлать эти обертоны явственно слышимыми. Если, напримѣръ, я быстро ударю по клавишѣ, соотвѣтствующей нотѣ 1, а клавиши 1, 2, 3,... 7 одну за другою буду оставлять свободными, то сейчасъ-же послѣ удара 1 звучатъ 2, 3... 7, такъ какъ струны, освобожденныя отъ демпфера, отзываются на колебанія.

Какъ вамъ небезызвѣстно, это одновременное колебаніе одинаково настроенныхъ струнъ съ обертонами слѣдуетъ разсматривать не какъ симпатію, а скорѣе, какъ сухую, механическую необходимость. Мы не должны, слѣдовательно, представлять себѣ это дѣло такъ, какъ представлялъ себѣ одинъ остроумный фельетонистъ. Разсказываетъ онъ объ F—moll—сонатѣ (Op. 2) Бетховена ужасную исторію, которую я тутъ-же разскажу вамъ. «На послѣдней промышленной выставкѣ въ Лондонѣ сыграли эту сонату на одномъ и томъ же піанино девятнадцать виртуозовъ. Когда-же къ тому-же піанино приблизился двадцатый виртуозъ, чтобы то-же сыграть ее, піанино, къ ужасу всѣхъ присутствующихъ, начало играть ее само собою. Въ дѣло пришлось вмѣшаться присутствовавшему тутъ-же архіепископу Кентербрійскому, который и изгналъ F—moll-бѣса».

Хотя упомянутые обертоны слышны только при особомъ вниманіи, они тѣмъ не менѣе играютъ очень важную роль, какъ при образованіи тембра, такъ и при консонансѣ и диссонансѣ звуковъ. Можетъ быть, это кажется вамъ страннымъ? Какъ можетъ имѣть такое значеніе для слуха вообще то, что можно разслышать только при особыхъ условіяхъ?

Но обратитесь къ собственному вашему повседневному опыту. Сколько есть вещей, которыхъ вы совсѣмъ не замѣчаете, но о которыхъ вы вспоминаете послѣ того, какъ ихъ уже нѣтъ. Къ вамъ приходитъ вашъ другъ. Вы не знаете, какая произошла въ немъ перемѣна. Только хорошенько всмотрѣвшись, вы замѣчаете,

что онъ остригъ себѣ волосы. Нетрудно узнать изданіе какой-нибудь книги по одной печати, а между тѣмъ врядъ-ли кто-нибудь сможетъ точно указать, чѣмъ рѣзко отличаются эти литеры отъ тѣхъ. Мнѣ часто случалось узнавать книгу, которую я искалъ, по одному лоскутку непечатной бѣлой бумаги, который высовывался изъ-подъ груды другихъ книгъ. А между тѣмъ я никогда не разсматривалъ внимательно бумаги этой книги, да и не могъ бы указать, чѣмъ она столь отличается отъ всякой другой бумаги.

Итакъ, будемъ считать установленнымъ, что въ каждомъ музыкальномъ звукѣ рядомъ съ основнымъ его тономъ можно разслышать еще его обертоны, т. е. октаву, дуодециму, двойную октаву и т. д., и что эти обертоны играютъ важную роль при сочетаніи нѣсколькихъ звуковъ.

2. Обратимся теперь къ другому факту. Обратите вниманіе на этотъ камертонъ. Если ударить его, онъ даетъ совершенно ровный тонъ. Но если вы рядомъ съ нимъ ударите еще одинъ, который самъ по себѣ тоже даетъ совершенно ровный тонъ, но нѣсколько болѣе высокій или болѣе низкій, то, утвердивъ оба камертона на столѣ или держа ихъ передъ ухомъ, вы слышите уже неравномѣрный тонъ, а рядъ толчковъ. Послѣдніе становятся тѣмъ быстрѣе, чѣмъ больше разница высотъ — обоихъ тоновъ. Когда число ихъ доходитъ до 33 въ секунду, они становятся довольно непріятными для слуха. Называются они біеніями.

Всякій разъ, когда изъ двухъ равныхъ тоновъ одинъ выше или ниже другого, т. е. разстроенъ по отношенію къ другому, получаются біенія. Число ихъ возрастаетъ съ увеличеніемъ разности высотъ тоновъ и они становятся все непріятнѣе. Эта сиплость звука достигаетъ максимума при 33 біеніяхъ въ секунду. При дальнѣйшемъ разстройствѣ и при большемъ числѣ біеній эта непріятная сторона опять ослабляется, такъ что тоны, значительно различающіеся по высотѣ, не даютъ уже оскорбляющихъ наше ухо біеній.

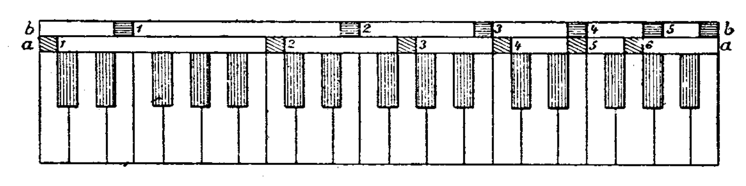
Чтобы до нѣкоторой степени выяснить себѣ образованіе біеній, возьмите два метронома и установите ихъ приблизительно одинаково. Вы можете установить ихъ совсѣмъ одинаково. Вамъ нечего бояться, что они на самомъ дѣлѣ будутъ бить въ одно время: существующіе въ продажѣ метрономы достаточно плохи, чтобы при установкѣ на равныя дѣленія скалы давать удары замѣтно неравные. Приведите въ дѣйствіе эти не совсѣмъ равно бьющіе метрономы, и вы легко замѣтите, что удары ихъ поперемѣнно то совпадаютъ, то нѣтъ. Чередованіе это происходитъ тѣмъ быстрѣе,

чѣмъ различнѣе тактъ обоихъ метрономовъ. За неимѣніемъ метрономовъ, вы можете произвести этотъ опытъ съ двумя карманными часами.

Вотъ подобнымъ-же образомъ образуются и біенія. Происходящіе въ извѣстномъ тактѣ удары двухъ звучащихъ тѣлъ въ случаѣ неравной высоты тоновъ то совпадаютъ, то нѣтъ. Въ первомъ случаѣ они усиливаютъ другъ друга, а во-второмъ ослабляютъ. Отсюда и происходитъ непріятное усиленіе тона, происходящее толчками.

Познакомившись съ обертонами и біеніями, мы можемъ приступить къ рѣшенію главнаго нашего вопроса. Почему одни отношенія высотъ тоновъ даютъ въ результатѣ пріятное созвучіе, консонансъ, а другія—непріятное, диссонансъ? Повидимому, все непріятное, вызываемое такимъ созвучіемъ, исходитъ отъ образующихся біеній. Біенія, по мнѣнію *Гельмгольца*, составляютъ единственый грѣхъ, единственное зло въ гармонической музыкѣ. Консонансъ есть созвучіе безъ замѣтныхъ біеній.

Чтобы представить это вамъ достаточно наглядно, я устроилъ модель. Вы видите здѣсь (фиг. 12) клавіатуру. Наверху надъ ней находится передвижной брусокъ *aa* съ отмѣтками 1, 2... 6. Я перемѣщаю брусокъ въ какое-нибудь положеніе, напримѣръ, такъ, чтобы мѣтка 1 приходилась на тонъ *c* клавіатуры, и мѣтки 2, 3... 6, какъ вы видите, обозначаютъ обертоны его. То-же получится, если мы перемѣстимъ брусокъ въ какое-нибудь другое положеніе. Второй совершенно такой-же брусокъ *bb* обладаетъ тѣмъ же свойствомъ. Оба бруска въ какихъ угодно положеніяхъ обозначаютъ своими мѣтками всѣ тоны, вызываемые созвучіемъ звуковъ, обозначаемыхъ мѣткой 1.



Фиг. 12.

Если установить оба бруска на одномъ и томъ же основномъ тонѣ, то и всѣ обертоны ихъ совпадутъ. Въ такомъ случаѣ одинъ звукъ именно только и усиливается другимъ. Отдѣльные обертоны *одного* звука находятся слишкомъ далеко другъ отъ друга,

чтобы давать замѣтныя біенія. Второй звукъ не прибавляетъ ничего новаго, а потому и нѣтъ новыхъ біеній. Однозвучіе есть самый совершенный консонансъ.

Если мы нѣсколько передвинемъ одинъ брусокъ относительно другого, то это будетъ означать разстройство одного звука. Всѣ обертоны одного звука окажутся тогда рядомъ съ обертонами другого, появятся сейчасъ біенія, созвучіе станетъ непріятнымъ, мы получимъ диссонансъ. Если продолжать передвигать брусокъ, мы замѣтимъ, что въ общемъ обертоны оказываются все рядомъ, вызывая біенія и диссонансы. Только въ вполнѣ опредѣленныхъ положеніяхъ обертоны обоихъ звуковъ отчасти совпадаютъ. Эти положенія обозначаютъ высшую степень благозвучія, консонантные интервалы.

Послѣдніе легко найти опытнымъ путемъ, если вырѣзать фигуру 12 изъ бумаги и перемѣщать *bb* относительно *aa*. Самыми полными консонансами являются октава и дуодецима, потому что въ нихъ обертоны одного звука совершенно совпадаютъ съ обертонами другого. При октавѣ, напримѣръ, 1*b* совпадаетъ съ 2*a*, 2*b* съ 4*a*, 3*b* съ 6*a*. Біенія, слѣдовательно, образоваться не могутъ. Консонансы, слѣдовательно, суть такія созвучія, которыя не сопровождаются непріятными біеніями.

Консонируютъ только такіе звуки, которые имѣютъ нѣкоторое число общихъ обертоновъ. Естественно, что мы замѣтимъ извѣстное родство въ такихъ звукахъ и тогда, когда они раздадутся одинъ послѣ другого. Ибо послѣдующій звукъ, именно благодаря этимъ общимъ обертонамъ, вызоветъ отчасти то же ощущеніе, что и предыдущій. Больше всего это замѣчается при октавѣ. Когда гамма достигаетъ октавы, кажется на самомъ дѣлѣ, что слышишь опять основной тонъ. Такимъ образомъ основанія гармоніи являются вмѣстѣ съ тѣмъ и основаніями мелодіи.

Консонансъ есть созвучіе безъ замѣтныхъ біеній. Этого основного принципа достаточно, чтобы внести въ ученіе о генералъ-басѣ удивительный порядокъ и послѣдовательность. Компендіумы ученія о гармоніи, мало уступавшіе до сихъ поръ въ отношеніи логики— да проститъ имъ Господь—поваренным книгамъ, пріобрѣтаютъ ясность и простоту. Болѣе того! Многое изъ того, что геніальные музыканты, какъ *Палестрина*, *Моцартъ*, *Бетховенъ* безсознательно дѣлали вполнѣ правильно, о чемъ до сихъ поръ не возможно было найти ни въ одномъ учебникѣ, получаетъ въ этомъ принципѣ свое обоснованіе.

И лучшее въ этой теоріи есть то, что на ней видна печать истины. Это не измышленіе досужаго ума. Каждый музыкантъ можетъ самъ услышать біенія, которыя образуютъ другъ съ другомъ обертоны звуковъ. Каждый музыкантъ можетъ убѣдиться въ томъ, что число и сила біеній могутъ быть заранѣе вычислены для любого случая и что они дѣйствительно наступаютъ такъ, какъ это опредѣляетъ теорія.

Таковъ отвѣтъ, *данный Гельмгольцомъ* на вопросъ, поставленный *Пиѳагоромъ*, насколько его можно изложить съ помощью тѣхъ средствъ, какія были въ моемъ распоряженіи. Много времени прошло отъ постановки вопроса до его рѣшенія. Много разъ выдающимся изслѣдователямъ случалось быть ближе къ этому отвѣту, чѣмъ они подозрѣвали это сами.

Изслѣдователь ищетъ истину. Ищетъ ли и истина изслѣдователя, не знаю. Но будь оно такъ, исторія науки живо напоминала бы знакомую картину, не разъ увѣковѣченную художниками и поэтами. Высокая садовая ограда, справа юноша, слѣва дѣвушка. Юноша вздыхаетъ, вздыхаетъ и дѣвушка. Оба ждутъ. Оба и не подозрѣваютъ, какъ близко они другъ отъ друга.

Право, аналогія не дурна. Истина позволяетъ ухаживать за собой, но сама она остается пассивной. Она даже водитъ изслѣдователя за носъ. Она хочетъ, чтобы ее заслужили, и презираетъ того, кто хочетъ овладѣть ею слишкомъ быстро. А если одинъ разбиваетъ себѣ голову, то что за бѣда? На его мѣсто является другой, а, вѣдь, истина остается вѣчно юной. Правда, порой кажется, что будто она стала благосклоннѣе къ своему поклоннику, но въ дѣйствительности, этого, признаться, никогда не бываетъ. Только когда она бываетъ въ особенно хорошемъ расположеніи духа, она улыбнется своему поклоннику ласковой улыбкой. Ибо— думаетъ истина—если я ничего не сдѣлаю, этотъ бѣдняга въ концѣ концовъ совсѣмъ мной заниматься перестанетъ.

Итакъ, у насъ есть кусочекъ истины. Его мы уже не потеряемъ! Но когда я вспомню, чего она стоила, сколько труда, сколько жизней мыслителей на это ухлопано, сколько столѣтій жила, прозябая, та мысль, развитая лишь наполовину, пока она достигла полнаго развитія, когда я подумаю, что съ этой неказистой модели на насъ глядятъ труды двухъ тысячелѣтій—когда я все это подумаю, я — признаюсь чистосердечно—почти раскаиваюсь въ своей шуткѣ.

Да и намъ многаго еще не хватаетъ. Когда по происшествіи тысячелѣтія будутъ выкапывать изъ нѣдръ земли, изъ позднѣй-

шихъ наносныхъ отложеній, сапоги, цилиндры и кринолины, рояли и контрабасы, какъ раковины XIX столѣтія, когда будутъ изучать эти странныя вещи или наши современные бульвары, какъ въ настоящее время мы изучаемъ каменные топоры и свайныя постройки, люди понять не смогутъ, какъ мы могли быть такъ близки къ той или другой великой истинѣ и не усвоить ея въ дѣйствительности. Итакъ, намъ вездѣ настрѣчу раздается неустранимый диссонансъ, вѣчно слышится портящая звукъ септима; мы предчувствуемъ, правда, она будетъ устранена, но чистое трехзвучіе намъ не дается, да... и нашимъ правнукамъ не будетъ дано.

Сударыни! Если ваша милая задача жизни смущать людей, то моя задача оставаться яснымъ до конца. И вотъ я долженъ сознаться передъ вами въ небольшомъ прегрѣшеніи, совершенномъ мной ясности ради. Я васъ кое въ чемъ обманулъ. Вы мнѣ простите эту ложь, если я, раскаявшись, сейчасъ же возстановлю истину. Моя модель (фигура 12) не изображаетъ всей истины, ибо она разсчитана на, такъ называемый, темперированный строй. Но обертоны звуковъ не темперированы, а настроены чисто. Благодаря этой небольшой неправильности, модель оказывается значительно проще. Она остается однако вполнѣ достаточной для обыкновенныхъ цѣлей и, кто пользуется ею для своихъ изслѣдованій, не долженъ опасаться замѣтной ошибки.

Если же вы захотѣли бы узнать отъ меня всю истину, я могъ бы выразить ее передъ вами только въ математической формулѣ. Я былъ бы вынужденъ взять въ руки мѣлъ и—какой ужасъ!— въ вашемъ присутствіи заняться вычисленіями. Вы могли бы обидѣться на меня. Нѣтъ, этого я не сдѣлаю. Я рѣшилъ сегодня не заниматься болѣе никакими вычисленіями, оставить всякіе разсчеты. Я разсчитываю сегодня только на одно—на вашу снисходительность, и вы мнѣ, надѣюсь, не откажете въ ней, если примете въ соображеніе, что я не очень уже злоупотреблялъ своимъ правомъ наводить на васъ скуку. Могъ же я говорить еще дольше и потому я считаю себя въ правѣ закончить эпиграммой *Лессинга*:

Wenn Du von allem dem, was diese Blätter füllt,
Mein Leser, nichts des Dankes wert gefunden;
So sei mir wenigstens für das verbunden,
Was ich zurück behielt [1].

[1]) Если во всемъ томъ, чѣмъ полны эти страницы, ты не нашелъ ничего, читатель, что было бы достойно благодарности, то будь мнѣ, по крайней мѣрѣ, за то благодаренъ, чего я здѣсь не изложилъ.

IV.

Къ исторіи акустики[1]).

Разыскивая работы *Аммонтона*, я натолкнулся на нѣсколько томовъ мемуаровъ парижской академіи, относящихся къ первымъ годамъ XVIII столѣтія. Трудно описать удовольствіе, какое испытываешь, перелистывая эти книги, когда, такъ сказать, переживаешь нѣкоторыя изъ важнѣйшихъ открытій, когда видишь, какъ различныя области знанія отъ полнаго почти невѣденія развиваются до полной принципіальной ясности.

Мы будемъ говорить здѣсь лишь объ изслѣдованіяхъ *Совера* въ области акустики, которыя не лишены нѣкотораго интереса для того тонкаго музыканта, коему посвящены эти листы [2]). Съ изумленіемъ узнаешь, въ какой мѣрѣ близокъ былъ *Соверъ* къ той точкѣ зрѣнія, которую удалось вполнѣ развить *Гельмгольцу* лишь полтораста лѣтъ спустя.

Въ «Histoire de l'Académie» отъ 1700 года на страницѣ 131 мы читаемъ, что *Соверу* удалось сдѣлать изъ музыки объектъ естественно-научныхъ изслѣдованій и что эту новую науку онъ назвалъ «акустикой». На пяти листахъ перечисляется цѣлый рядъ открытій, подробнѣе изложенныхъ въ томѣ ближайшаго года.

Простыя отношенія чиселъ колебаній созвучныхъ тоновъ *Соверъ* разсматриваетъ, какъ нѣчто общеизвѣстное [3]). Онъ надѣется

---

[1]) Статья эта была первоначально напечатана въ Сообщеніяхъ нѣмецкаго математическаго общества въ Прагѣ (1892) и служитъ для выясненія предыдущаго.

[2]) Проф. H. Durège.

[3]) Дальнѣйшее почерпнуто изъ томовъ 1700 г. (напечатан. въ 1703 г.) и 1701 г. (напечатан. въ 1704 г.) отчасти изъ Histoire de l'Académie, отчасти изъ „Мемуаровъ“. Позднѣйшіе труды здѣсь затрагиваются гораздо меньше.

дальнѣйшими изслѣдованіями установить главныя правила музыкальной композиціи и проникнуть въ «метафизику пріятнаго», главнымъ закономъ которой онъ считаетъ сочетаніе «простоты съ многообразіемъ». Совершенно такъ же, какъ впослѣдствіи еще *Эйлеръ* [1]), онъ считаетъ созвучіе тоновъ тѣмъ болѣе совершеннымъ, чѣмъ меньше тѣ цѣлыя числа, въ которыхъ можетъ быть выражено отношеніе ихъ чиселъ колебаній, ибо чѣмъ меньше эти числа, тѣмъ чаще колебанія обоихъ тоновъ совпадаютъ и тѣмъ легче ихъ *воспринять*. Предѣломъ консонанса онъ считалъ отношеніе 5 : 6, хотя отъ него и не укрылось то, что упражненіе, степень вниманія, привычка, вкусъ и даже предубѣжденіе играютъ въ этомъ вопросѣ извѣстную роль, такъ что послѣдній вовсе не есть вопросъ чисто естественно-научный.

Представленія *Совера* развиваются потому, что онъ стремится вездѣ производить болѣе точныя количественныя изслѣдованія, чѣмъ это дѣлалось до него. Прежде всего онъ желаетъ положить въ основу музыкальнаго строя опредѣленный тонъ въ 100 колебаній и опредѣлить этотъ послѣдній такъ, чтобы онъ могъ быть легко воспроизведенъ во всякое время, потому что фиксація строя съ помощью обычныхъ трубочекъ, число колебаній которыхъ было неизвѣстно, казалось ему недостаточнымъ. По *Мерсенну* (Harmonie universelle, 1636), струна въ 17 футовъ длины, натянутая 8 фунтами, дѣлаетъ въ секунду 8 непосредственно видимыхъ колебаній. Уменьшая длину ея въ опредѣленное число разъ, можно, слѣдовательно, получить во столько же разъ большее число колебаній. Но этотъ пріемъ кажется ему слишкомъ ненадежнымъ, и онъ пользуется для своей цѣли извѣстными въ его время всѣмъ органнымъ мастерамъ біеніями (battements), которыя онъ вполнѣ правильно объясняетъ чередующимися совпаденіями и несовпаденіями равныхъ фазъ колебаній неодинаково настроенныхъ тоновъ [2]). Каждому совпаденію соотвѣтствуетъ усиленіе звука, а потому числу толчковъ въ секунду соотвѣтствуетъ разность чиселъ колебаній. Если такимъ образомъ настроить двѣ органныя трубы, какъ малую и большую терцію, въ отношеніи къ третьей трубѣ, то числа колебаній первыхъ двухъ образуютъ отношеніе 24 : 25, т. е. на каждыя 24 колебанія болѣе низкаго тона будетъ приходиться 25 колебаній болѣе высокаго и одно біеніе. Если обѣ трубы вмѣстѣ

---

[1]) Euler, Tentamen novae theoriae musicae. Petropoli 1739.

[2]) Когда *Соверъ* пытался воспроизвести опытъ біеній передъ академіей, ему это очень плохо удалось. „Histoire de l'Académie", 1700, стр. 136.

даютъ 4 біенія въ секунду, то болѣе высокая имѣетъ нашъ постоянный тонъ въ 100 колебаній. Эта открытая труба имѣетъ тогда въ длину 5 футовъ. Этимъ опредѣлены и абсолютныя числа колебаній всѣхъ остальныхъ тоновъ.

Отсюда непосредственно слѣдуетъ, что труба, въ 8 разъ болѣе длинная, т. е. въ 40 футовъ длиной, даетъ число колебаній $12^1/_2$. Это число *Соверъ* приписываетъ самому низкому изъ слышимыхъ тоновъ. Труба же, въ 64 раза болѣе короткая, совершаетъ 6400 колебаній, каковое число *Соверъ* считаетъ высшимъ предѣломъ для слышимыхъ тоновъ. Здѣсь ярко проявляется чувство удовольствія по поводу удавшагося вычисленія «не поддающихся воспріятію колебаній», и мы должны признать это чувство вполнѣ законнымъ, если примемъ въ соображеніе, что принципъ *Совера* съ нѣкоторыми незначительными видоизмѣненіями составляетъ еще и въ настоящее время самое тонкое и прочное средство для точнаго опредѣленія чиселъ колебаній. Гораздо важнѣе однако было другое еще наблюденіе, сдѣланное *Соверомъ* при изученіи біеній, и къ нему мы еще вернемся.

При упомянутыхъ изслѣдованіяхъ легче гораздо пользоваться не трубами, а струнами, длина которыхъ можетъ быть измѣнена при помощи передвижной подставки. Вполнѣ естественно, поэтому, что *Соверъ* вскорѣ сталъ съ особой охотой пользоваться именно этимъ средствомъ.

Благодаря тому, что одна подставка не совсѣмъ хорошо приставала и потому не вполнѣ задерживала колебанія, ему удалось открыть сначала ухомъ гармоническіе обертоны струны и отсюда онъ заключилъ о раздѣленіи ея на равныя части. Ударяемая струна, напримѣръ, давала дуодециму своего основного тона, если подставка дѣлила струну въ отношеніи 1 : 2. Вѣроятно, по предложенію какого-нибудь академика [1]) были помѣщены на узлахъ (noeuds) и пучностяхъ (ventres) разноцвѣтные лоскутки бумаги и дѣленіе струны въ то время, когда она издавала соотвѣтствующіе ея основному тону (Son fondamental) обертоны (sons harmoniques), могло быть непосредственно видно. Мѣсто задерживающей подставки скоро заняло болѣе соотвѣтствующее цѣли перо или кисточка.

При этихъ опытахъ *Соверъ* наблюдалъ также колебаніе одной струны при возбужденіи другой, одинаково настроенной; нашелъ

---

[1]) Histoire de l'Academie, 1701, стр. 134.

онъ также, что обертонъ одной струны можетъ отзываться на звукъ другой струны, настроенной на тотъ же обертонъ. Болѣе того, онъ даже нашелъ, что когда *одна* струна возбуждается *другой*, не равнымъ образомъ настроенной, то отзывается *общій* ихъ обертонъ; въ случаѣ струнъ, напримѣръ, съ отношеніемъ чиселъ колебаній 3 : 4 отзывается четвертый обертонъ струны болѣе низкаго тона и третій — болѣе высокаго. Отсюда неопровержимо слѣдуетъ, что звучащая струна даетъ одновременно съ основнымъ своимъ тономъ и обертоны. Еще раньше наблюденія другихъ лицъ заставили *Совера* обратить вниманіе на то, что когда играютъ на музыкальныхъ инструментахъ, звуки которыхъ разносятся далеко, особенно ночью, то можно довольно отчетливо разслышать обертоны [1]). Онъ самъ говоритъ объ *одновременномъ* звучаніи обертоновъ и основного тона [2]). Но для его теоріи имѣло, какъ мы увидимъ, роковое значеніе то обстоятельство, что онъ не отнесся къ этому факту съ надлежащимъ вниманіемъ.

Изучая біенія, *Соверъ* замѣтилъ, что они *непріятны* для уха. Онъ полагаетъ, что біенія хорошо слышны только тогда, когда ихъ бываетъ менѣе *шести* въ секунду. Если ихъ больше, то, полагаетъ онъ, они плохо поддаются наблюденію и не мѣшаютъ. Затѣмъ онъ дѣлаетъ попытку свести различіе между консонансомъ и диссонансомъ къ біеніямъ. Послушаемъ его самого [3]).

«Біенія непріятны для уха потому, что звукъ получается неровный, и можно съ большой долей вѣроятности принять, что октавы потому такъ пріятны [4]), что въ нихъ *никогда* не слышны *біенія*.

Руководствуясь этой мыслью, мы приходимъ къ тому заключенію, что аккорды, въ которыхъ не слышно біеній, принадлежатъ какъ разъ къ тѣмъ, которые музыканты называютъ консонансами, а тѣ аккорды, въ которыхъ слышны біенія, суть диссонансы, и что когда какой-нибудь аккордъ является диссонансомъ въ одной октавѣ и консонансомъ въ другой, то это значитъ, что слышны біенія въ первой, но не слышны во второй. Подобнымъ же образомъ онъ судилъ о неполномъ консонансѣ. Изъ изложенныхъ здѣсь принциповъ *Совера* нетрудно усмотрѣть, въ какихъ аккордахъ и въ

---

[1]) Mémoires de l'Académie, 1701 стр. 298.

[2]) Histoire de l'Académie 1702 стр. 91.

[3]) Мѣсто это заимствовано изъ Histoire de l'Académie 1700 стр. 139.

[4]) Потому что во всѣхъ употребляющихся въ музыкѣ октавахъ разность чиселъ колебаній очень велика. [Э. Махъ].

какихъ октавахъ выше или ниже постояннаго тона слышны біенія. Если эта гипотеза вѣрна, то она откроетъ истинный источникъ правилъ композиціи, до сихъ поръ неизвѣстный философіи, которая основывалась почти всецѣло на сужденіи объ ухѣ. Всѣ подобнаго рода естественныя сужденія, какъ бы они порой ни казались произвольными, вовсе не произвольны, а имѣютъ весьма реальныя причины, знаніе которыхъ необходимо для философіи для того, чтобы она могла понять тѣ сужденія».

Итакъ, *Соверъ* правильно усматриваетъ въ біеніяхъ помѣху созвучію, къ которой «вѣроятно» слѣдуетъ свести всякую дисгармонію вообще. Но нетрудно замѣтить, что, согласно его воззрѣнію, всѣ широкіе интервалы должны быть консонансами, а всѣ узкіе— диссонансами. Кромѣ того онъ совершенно не замѣчаетъ полнаго принципіальнаго различія между упомянутымъ выше старымъ его воззрѣніемъ и новымъ, а, напротивъ, старается затушевать это различіе.

Излагая теорію *Совера*, Р. Смитъ [1]) замѣчаетъ первый изъ упомянутыхъ здѣсь недостатковъ ея. Оставаясь самъ подъ вліяніемъ болѣе стараго воззрѣнія *Совера*, большей частью приписываемаго *Эйлеру*, онъ дѣлаетъ все же небольшой шагъ впередъ въ своей критикѣ настоящаго воззрѣнія, какъ это видно изъ слѣдующаго мѣста [2]).

«Правда, что авторъ не замѣчаетъ различія между совершенными и несовершенными консонансами. Несовершенные консонансы, въ которыхъ замѣчаются біенія, потому что порядокъ ихъ короткихъ цикловъ (short cycles) [3]) періодически прерывается и спутывается, онъ сравниваетъ съ совершенными, въ которыхъ не можетъ быть біеній, потому что этотъ порядокъ въ нихъ никогда не спутывается, ни прерывается.

«Вѣдь, эта *колеблющаяся сиплость* звука замѣчается и во всѣхъ другихъ совершенныхъ консонансахъ, хотя она ощущается тѣмъ слабѣе, чѣмъ циклы короче и проще и чѣмъ выше ихъ

---

[1]) R. Smith, Harmonics or the philosophy of musical Sounds. Cambridge 1749. Я только мелькомъ видѣлъ эту книгу въ 1864 г. и указалъ на нее въ одной своей работѣ, относящейся къ 1866 г. (Einleitung in die Helmholzsche Musiktheorie). Только три года тому назадъ мнѣ удалось раздобыть ее и ознакомиться подробно съ ея содержаніемъ.

[2]) Harmonics, стр. 118 и 243.

[3]) „Short cycle“ есть періодъ, въ которомъ повторяются однѣ и тѣ же фазы *обоихъ* звучащихъ одновременно тоновъ

основной тонъ. Это сиплость другого рода, чѣмъ біенія и колебанія *темперированныхъ консонансовъ*. Ибо въ послѣднемъ случаѣ мы можемъ измѣнять отношенія чиселъ колебаній, измѣняя ихъ характеръ, чего нельзя сдѣлать, когда консонансъ является совершеннымъ при данной высотѣ тона. Привычное же ухо часто можетъ слышать одновременно и тѣ колебанія и біенія темперированнаго консонанса, совершенно ясно различая ихъ другъ отъ друга.

«Ничто не оскорбляетъ такъ ухо слушателя, хотя и не знающаго причины этого, какъ тѣ рѣзкіе, пронзительные толчки высокихъ и громкихъ звуковъ, которые образуются, благодаря двумъ несовершеннымъ консонансамъ. И однако же слегка замедленные толчки, подобно медленнымъ колебаніямъ замирающаго звука, далеки отъ того, чтобы быть непріятными».

Итакъ *Смиту* ясно, что кромѣ біеній, принятыхъ во вниманіе *Соверомъ*, существуютъ еще другія «формы сиплости» и при дальнѣйшемъ изслѣдованіи эти послѣднія при сохраненіи мысли *Совера* оказались бы біеніями обертоновъ, а тогда теорія достигла бы пункта, до котораго она доведена точкой зрѣнія *Гельмгольца*.

Разсмотримъ различія между воззрѣніемъ *Совера* и воззрѣніемъ *Гельмгольца* и мы найдемъ слѣдующее:

1. Тотъ взглядъ, что консонансъ основанъ на частомъ и регулярномъ совпаденіи колебаній, на легкости сосчитать ихъ, представляется съ новой точки зрѣнія невѣрнымъ. Правда, простыя отношенія чиселъ колебаній являются *математическими* принципами консонанса и *физическими* его условіями, потому что съ этимъ связано совпаденіе обертоновъ съ дальнѣйшими ихъ физическими и *физіологическими* послѣдствіями. Но этимъ не дано еще *физіологическаго* или *психологическаго* объясненія консонанса, хотя бы уже по тому одному, что въ соотвѣтственномъ процессѣ нервнаго возбужденія нѣтъ никакихъ слѣдовъ періодичности звукового раздраженія.

2. Въ признаніи біеній помѣхой для консонанса обѣ теоріи сходятся между собой. Но теорія *Совера* упускаетъ однако изъ виду то, что звукъ есть явленіе сложное и что главнымъ образомъ біенія обертоновъ мѣшаютъ созвучію широкихъ интерваловъ. Далѣе, *Соверъ* ошибся, предполагая, что для того, чтобы вызвать нарушенія, число біеній должно быть меньше *шести* въ секунду. Уже *Смитъ* зналъ, что очень медленныя біенія не мѣшаютъ, а *Гельмгольцъ* нашелъ для максимума нарушенія число гораздо большее

(33). Наконецъ, *Соверъ* не обратилъ никакого вниманія на то, что *число* біеній, правда, возрастаетъ съ разстройствомъ звука, но зато *сила* ихъ ослабляется. Опираясь на принципъ специфическихъ энергій и законы отвѣтнаго колебанія, новая теорія находитъ, что два движенія воздуха равной амплитуды, но различныхъ періодовъ, $a\sin(rt)$ и $a\sin[(r+\rho)(t+\tau)]$, могутъ передаваться одному и тому же нервному окончанію *не* въ равной амплитудѣ. Нервное окончаніе, большей частью реагирующее на періодъ r, отзывается на періодъ $r+\rho$ слабѣе, такъ что амплитуды относятся, какъ $a:\varphi.a$. При этомъ φ уменьшается, когда ρ возрастаетъ, и становится $=1$, когда $\rho=0$, такъ что только часть $\varphi.a$ подвержена біеніямь, а $(1-\varphi)a$ протекаетъ гладко, безъ нарушеній.

Какая же мораль слѣдуетъ изъ исторіи этой теоріи? Принимая во вниманіе ошибки *Совера*, которыя столь близки къ истинѣ, мы должны соблюдать извѣстную осторожность и по отношенію къ новой теоріи. И для этого, дѣйствительно, имѣются какъ будто нѣкоторыя основанія.

Музыкантъ никогда не смѣшаетъ, какъ извѣстно, лучше консонирующій аккордъ на плохо настроенномъ піанино, съ менѣе консонирующимъ аккордомъ на хорошо настроенномъ піанино, хотя бы сиплость звука была въ обоихъ случаяхъ одна и та же. Этотъ фактъ съ достаточной ясностью доказываетъ намъ, что степень сиплости не *единственная* характеристика гармоніи. Музыканту прекрасно извѣстно, что *гармоническія* красоты Бетховенской сонаты трудно уничтожить даже на плохо настроенномъ піанино; онѣ страдаютъ при этомъ едва ли больше, чѣмъ картина Рафаэля, воспроизведенная въ грубыхъ чертахъ. *Положительный физіолого-гически-психологическій* признакъ, отличающій одну гармонію отъ другой, заключается не въ біеніяхъ. Не заключается онъ также и въ томъ, что, когда звучитъ, напримѣръ, большая терція, то пятый обертонъ болѣе низкаго звука совпадаетъ съ четвертымъ болѣе высокаго. Вѣдь, этотъ признакъ имѣетъ значеніе только для занятаго изслѣдованіемъ, абстрагирующаго ума изслѣдователя. Если бы мы стали разсматривать его также, какъ признакъ ощущенія, мы впали бы въ основную ошибку, совершенно аналогичную той, о которой мы говорили въ первомъ пунктѣ.

Положительные физіологическіе признаки интерваловъ были бы, вѣроятно, раскрыты очень скоро, если бы была возможность сообщать отдѣльнымъ ощущающимъ тоны органамъ не періодическія (гальваническія, напримѣръ) раздраженія, такъ что-бы біеній

совсѣмъ не было. Къ сожалѣнію, такой экспериментъ врядъ ли можно считать исполнимымъ. Сообщеніе же кратковременныхъ и потому также свободныхъ отъ біеній, акустическихъ раздраженій влечетъ за собой другое неудобство: высота тона оказывается мало опредѣленной [1]).

---

[1]) См. мою книгу „Анализъ ощущеній“.

V.

О скорости свѣта[1]).

Когда предъ судьей стоитъ ловкій мошенникъ, прекрасно умѣющій изворачиваться и лгать, то главной задачей перваго является вытянуть у второго сознаніе парой—другой ловко поставленныхъ вопросовъ. Почти въ подобномъ же положеніи находится какъ будто и естествоиспытатель передъ лицомъ природы. Правда, онъ чувствуетъ себя въ данномъ случаѣ не столько какъ судья, сколько скорѣе, какъ шпіонъ, но цѣль остается одной и той же. Въ тайныхъ своихъ мотивахъ и законахъ, по которымъ совершаются въ ней явленія,—вотъ въ чемъ должна сознаться природа. Узнаетъ ли онъ что-нибудь или нѣтъ, зависитъ отъ хитрости изслѣдователя. Не безъ основанія, поэтому, *БэконъВеруламскій* назвалъ экспериментальный методъ допросомъ, учиненнымъ природѣ. Все искусство заключается въ томъ, чтобы такъ поставить вопросы, чтобы они не могли быть оставлены безъ отвѣта, безъ нарушенія приличій.

Посмотрите-ка еще на многочисленные инструменты и аппараты, во всеоружіи которыхъ изслѣдователь приступаетъ къ допросу природы и которые дѣлаютъ будто смѣшными слова поэта: «Чего она тебѣ открывать не можетъ, того ты не вынудишь у нея никакими рычагами или винтами». Разсмотрите эти аппараты и аналогія съ орудіями пытки станетъ напрашиваться сама собой.

Воззрѣніе на природу, какъ на нѣчто намѣренно отъ насъ скрытое, разоблаченіе чего возможно только при помощи насильственныхъ или недобросовѣстныхъ средствъ, было нѣкоторымъ древнимъ мыслителямъ болѣе близко, чѣмъ намъ. Одинъ греческій философъ, говоря о естествознаніи своего времени, высказалъ мнѣніе, что богамъ можетъ быть только непріятно, когда люди пытаются узнать то, чего они открывать имъ не желаютъ [1]). Правда, съ этимъ соглашались далеко не всѣ его современники. Слѣды

---

1) Лекція, прочитанная въ Грацѣ въ 1866 году.

этого воззрѣнія можно найти и въ настоящее время. Въ общемъ и цѣломъ однако мы въ настоящее время не такъ уже ограничены. Мы не вѣримъ уже, будто природа намѣренно отъ насъ скрывается. Изъ исторіи науки мы знаемъ уже, что иногда вопросы наши были безсмысленно поставлены, такъ что и не могло быть на нихъ никакого отвѣта. Болѣе того, мы скоро увидимъ, что и самъ человѣкъ со всѣмъ своимъ мышленіемъ, со всѣми своими изслѣдованіями есть ничто иное, какъ часть все той же жизни природы.

Но будете ли вы смотрѣть на инструменты физики, какъ на орудія пытки, или орудія ласки, какъ вамъ больше понравится, во всякомъ случаѣ вамъ будетъ же интересно познакомиться съ частицей исторіи этихъ орудій, во всякомъ случаѣ не будетъ же вамъ непріятно узнать, какія своеобразныя затрудненія привели къ столь страннымъ формамъ этихъ аппаратовъ.

Галилей (род. въ 1564 г. въ Пизѣ, ум. въ 1642 г. въ Арчетри) первый задался вопросомъ, какъ велика скорость свѣта, т. е. въ теченіе какого времени, появившійся въ какомъ-нибудь мѣстѣ, свѣтъ становится виднымъ на другомъ мѣстѣ, отстоящемъ отъ перваго на опредѣленномъ разстояніи? [2]).

Методъ, придуманный *Галилеемъ* для рѣшенія этого вопроса, былъ столь же простъ, какъ и естественъ. Два опытныхъ наблюдателя, снабженныхъ потайными фонарями, были помѣщены въ ночное время на значительномъ разстояніи другъ отъ друга, одинъ въ A, другой въ B. Первый долженъ былъ въ опредѣленное время открыть свой фонарь. Второй долженъ былъ сдѣлать то же самое, какъ только замѣтитъ свѣтъ перваго. Ясно, что время, прошедшее отъ момента, въ который человѣкъ въ A открываетъ свой фонарь, до момента, въ который онъ видитъ свѣтъ второго фонаря, и есть то время, которое нужно свѣту, чтобы пройти изъ A въ B и обратно изъ B въ A. Этотъ опытъ не былъ осуществленъ никогда, да и не могъ, какъ это скоро понялъ самъ *Галилей*, увѣнчаться успѣхомъ.

A————————B

Фиг. 13.

---

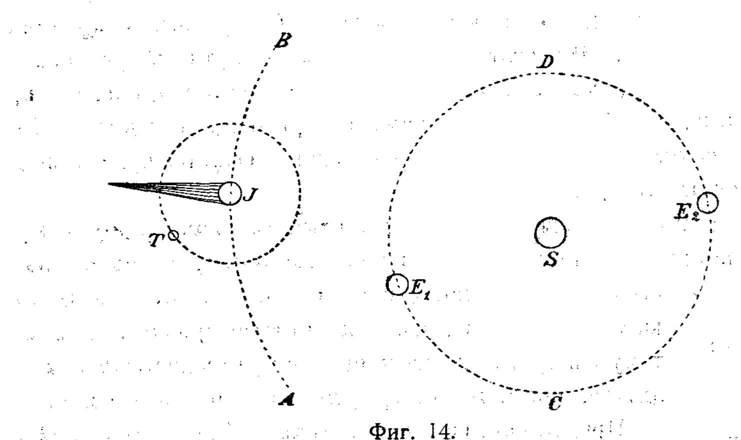
1) У Ксенофонта (Memorabil. IV, 7) Сократъ говоритъ: «οὔτε γὰρ εὑρετὰ ἀνθξώποις αὐτὰ ἐνόμιζεν εἶναι οὔτε χαρίζεσθαι θεοῖς ἂν ἡγεῖτο τὸν ζητοῦντα ἃ ἐκεῖνοι σαφηνίσαι οὐκ ἐβουλήθησαν.

2) Galilei, Discorsi e dimonstrazione mathematiche. Leyden. 1638. Dialogo primo.

Какъ мы знаемъ уже въ настоящее время, свѣтъ распространяется слишкомъ быстро, чтобы можно было его такимъ образомъ наблюдать. Время, прошедшее отъ прибытія свѣта въ B до воспріятія его наблюдателемъ, время между рѣшеніемъ открыть фонарь и исполненіемъ этого рѣшенія, какъ мы теперь знаемъ, несравненно больше, чѣмъ время, нужное свѣту для прохожденія земныхъ разстояній. Какъ велика скорость свѣта, мы убѣдимся изъ того, что молнія въ темную ночь освѣщаетъ сразу огромную площадь, тогда какъ удары грома, отдающіеся эхомъ одинъ за другимъ въ различныхъ мѣстахъ, доходятъ до уха наблюдателя въ замѣтные промежутки времени.

Такимъ образомъ старанія Галилея опредѣлить скорость свѣта не привели въ его время ни къ чему. Тѣмъ не менѣе дальнѣйшая исторія измѣренія скорости свѣта тѣсно связана съ его именемъ, потому что онъ съ помощью устроеннаго имъ телескопа открылъ четыре спутника Юпитера, а эти послѣдніе и стали средствомъ для того, что бы опредѣлить искомую скорость.

Земныя пространства были слишкомъ малы для опыта *Галилея.* Опредѣленіе оказалось удачнымъ только послѣ того, какъ обратились за помощью къ пространствамъ нашей планетной системы.



Фиг. 14.

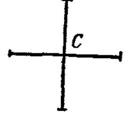
Это удалось сдѣлать *Олофу Рёмеру* (род. въ Аргусѣ въ 1644 г., ум. въ Копенгагенѣ въ 1710 г.) въ 1675 — 1676 гг. Вмѣстѣ съ *Кассини* онъ дѣлалъ наблюденія въ Парижской обсерваторіи надъ обращеніемъ спутниковъ Юпитера.

Пусть линія AB есть путь Юпитера. Пусть S есть солнце, E— земля, I—Юпитеръ и T—первый его спутникъ. Когда земля находится въ E_1, мы видимъ, какъ спутникъ вступаетъ въ тѣнь

Юпитера, и на основанiи этого перiодическаго затменiя мы можемъ вычислить время его обращенiя вокругъ Юпитера. *Рёмеръ* опредѣлилъ его въ 42 часа, 27 минутъ, 33 секунды. Когда же земля, двигаясь по своей орбитѣ и пройдя черезъ точку C, приходитъ въ E_2, то кажется, что время обращенiя спутника удлиняется, затменiя наступаютъ нѣсколько позже. Когда земля находится въ E_2, затменiе опаздываетъ на 16 минутъ 26 секундъ. Когда земля приходитъ (черезъ D) снова въ E_1, обращенiе спутника становится какъ будто опять быстрѣе, и когда земля достигаетъ точки E_1, оно становится такимъ же, какъ и раньше. Нужно замѣтить при этомъ, что за то время, пока земля сдѣлаетъ полный оборотъ вокругъ солнца, Юпитеръ успѣетъ пройти очень небольшую часть своего пути. *Рёмеръ* тотчасъ же догадался, что эти перiодическiя измѣненiя времени обращенiя могутъ быть не дѣйствительными, а только кажущимися, стоящими въ связи со скоростью свѣта.

Уяснимъ себѣ это явленiе нагляднымъ образомъ. Предположимъ, что правильно приходящая почта приноситъ намъ извѣстiя о политическихъ событiяхъ въ какомъ-нибудь городѣ. Какъ бы далеко отъ этого города мы ни находились, мы узнаемъ о каждомъ событiи, правда, позже, но *одинаково* поздно обо всѣхъ. Событiя совершаются для насъ съ такою же быстротою, какъ и въ дѣйствительности. Но если мы находимся въ пути и удаляемся отъ этого города, то всякое новое извѣстiе должно приходить къ намъ позже, и событiя кажутся намъ совершающимися медленнѣе, чѣмъ на самомъ дѣлѣ. Обратное произойдетъ, если мы будемъ приближаться къ городу.

Покуда мы остаемся въ покоѣ, мы слышимъ какое-нибудь музыкальное произведенiе въ одномъ и томъ же темпѣ, на какомъ разстоянiи мы ни находились бы. Этотъ темпъ долженъ казаться быстрѣе, когда мы быстро приближаемся къ тому мѣсту, гдѣ играетъ оркестръ; онъ долженъ замедляться, когда мы быстро удаляемся отъ этого мѣста.



Фиг. 15.

Представьте себѣ крестъ, равномѣрно вращающiйся вокругъ своего центра, напр., крылья вѣтряной мельницы. Этотъ крестъ представляется вамъ вращающимся медленнѣе, когда вы очень быстро удаляетесь отъ него. Свѣтъ, который въ данномъ случаѣ играетъ роль почты, приносящей вамъ извѣстiя о положенiи креста, долженъ въ каждый послѣдующiй моментъ проходить большее и большее разстоянiе.

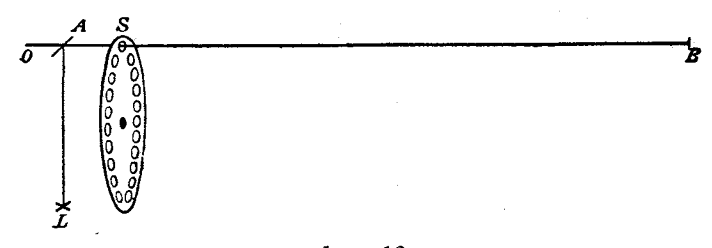
То же самое должно происходить и при вращенiи (оборотѣ)

спутника Юпитера. Наибольшее запаздываніе затменія въ то время, какъ земля переходитъ изъ E_1 въ E_2 и удаляется, слѣдовательно, отъ Юпитера на разстояніе діаметра своей орбиты, соотвѣтствуетъ, очевидно, тому времени, въ которое свѣтъ пробѣгаетъ этотъ діаметръ. Діаметръ этотъ извѣстенъ, запаздываніе тоже. Отсюда легко вычислить скорость свѣта, т. е. путь, проходимый свѣтомъ въ одну секунду. Онъ составляетъ 42.000 географическихъ миль или 300.000 километровъ.

Этотъ методъ сходенъ съ методомъ *Галилея*. Средства здѣсь только лучше выбраны. Вмѣсто того небольшого разстоянія мы здѣсь пользуемся діаметромъ земной орбиты (41 милліоновъ миль); роль фонаря, который то закрывается, то открывается, играетъ спутникъ Юпитера, который то затмевается, то снова показывается. Такимъ образомъ *Галилею* не удалось выполнить своего измѣренія, но фонарь, при помощи котораго оно было выполнено, открытъ имъ.

Это прекрасное открытіе вскорѣ перестало уже удовлетворять физиковъ. Искали болѣе удобные способы, чтобы измѣрять скорость свѣта на землѣ. Это можно было сдѣлать послѣ того, какъ ясны стали сопряженныя съ этимъ затрудненія. *Физо* (род. въ 1819 г. въ Парижѣ) произвелъ такое измѣреніе въ 1849 г.

Попробую выяснить вамъ сущность аппарата *Физо*. Пусть S обозначаетъ дискъ, снабженный у краевъ отверстіями и вращающійся около своего центра. Пусть L есть источникъ свѣта, посы-



Фиг. 16.

лающій свои лучи на непокрытую ничѣмъ стеклянную пластинку A, наклоненную къ оси диска подъ угломъ въ 45°. Лучъ свѣта отражается въ этой пластинкѣ, проходитъ черезъ одно изъ отверстій диска и падаетъ перпендикулярно на зеркало B, помѣщенное, допустимъ, на разстояніи одной мили отъ S. Отъ зеркала B лучъ снова отражается, снова проходитъ черезъ одно изъ отверстій диска, снова падаетъ на стеклянную пластинку и, пройдя черезъ нее, попадаетъ въ глазъ O наблюдателя. Такимъ образомъ глазъ

видитъ черезъ стеклянную пластинку и отверстіе въ дискѣ пламя Z, отраженное въ зеркалѣ B.

Если мы теперь будемъ вращать дискъ, то отверстія его будутъ постоянно смѣняться промежутками между ними, и глазъ O будетъ видѣть отраженія свѣта въ зеркалѣ B съ перерывами. Если быстро вращать дискъ, перерывы эти становятся однако незамѣтными для глаза и онъ снова видитъ зеркало B равномѣрно освѣщеннымъ.

Все это происходитъ однако только въ случаѣ не очень большихъ скоростей вращенія диска, а именно если свѣтъ, дойдя черезъ отверстіе диска до зеркала B и отразившись обратно, находитъ еще отверстіе почти въ томъ же мѣстѣ и проходитъ сквозь него во второй разъ. Теперь представьте себѣ, что скорость эта настолько возрасла, что лучъ, отразившись отъ зеркала и вернувшись къ диску, находитъ вмѣсто отверстія промежутокъ. Очевидно, что онъ тогда достичь глаза не можетъ. Зеркало B видно въ такомъ случаѣ только тогда, когда до него доходитъ свѣтъ. Когда же свѣтъ отъ него отходитъ къ глазу, оно оказывается закрытымъ. Вслѣдствіе этого зеркало всегда будетъ казаться темнымъ.

Если еще болѣе усилить скорость вращенія, то лучъ свѣта, вернувшись отъ зеркала, могъ бы попасть если не въ то же самое отверстіе, то въ сосѣднее, и такимъ образомъ достичь глаза.

Слѣдовательно, при постепенно и непрерывно увеличиваемой скорости вращенія зеркало B являлось бы попеременно то свѣтлымъ, то темнымъ. Ясно, что если число отверстій въ дискѣ, число оборотовъ его въ секунду и путь SB извѣстны, то можно вычислить скорость свѣта. Результатъ этого вычисленія совпадаетъ съ тѣмъ, который былъ полученъ *Рёмеромъ*.

Дѣло, впрочемъ, обстоитъ не такъ просто, какъ я это изобразилъ. Нужно принять мѣры, чтобы свѣтъ проходилъ путь SB. т. е. разстояніе въ цѣлую милю, и обратно, не разсѣиваясь. Это достигается съ помощью трубъ.

Если мы присмотримся ближе къ аппарату *Физо*, то мы найдемъ въ немъ что-то знакомое: ту самую диспозицію, которая предполагалась и въ опытѣ *Галилея*: L замѣняетъ собою фонарь A, вращающійся дискъ съ отверстіями регулярно закрываетъ и открываетъ его. Вмѣсто неловкаго наблюдателя B мы находимъ зеркало B, которое становится свѣтящимся уже несомнѣнно въ тотъ самый моментъ, когда доходитъ отъ него свѣтъ отъ S. Дискъ S, то пропуская, то не пропуская сквозь себя возвращающіеся лучи свѣта, оказываетъ помощь наблюдателю O. Опытъ

Галилея здѣсь, такъ сказать, повторяется громадное число разъ въ секунду и суммарный результатъ его можетъ быть дѣйствительно наблюдаемъ. Если бы я позволилъ себѣ примѣнить къ этой области теорію *Дарвина,* я сказалъ бы, что аппаратъ *Физо* ведетъ свое происхожденіе отъ фонаря *Галилея.*

Еще болѣе остроумымъ методомъ для измѣренія скорости свѣта воспользовался *Фуко,* но описаніе его здѣсь завело бы насъ слишкомъ далеко.

Измѣреніе скорости звука удается произвести и по методу *Галилея.* Здѣсь, слѣдовательно, не приходилось уже ломать голову надъ отысканіемъ лучшаго метода. Но мысль, вызванная къ жизни необходимостью, нашла себѣ примѣненіе и въ этой области.

Кёнигъ въ Парижѣ устроилъ аппаратъ для измѣренія скорости звука, напоминающій методъ *Физо.* Устройство его очень несложно. Онъ состоитъ изъ двухъ электрическихъ приборовъ, отбивающихъ вполнѣ одновременно десятыя доли секунды. Если оба прибора поставить рядомъ, то гдѣ бы мы ни стояли, удары ихъ будутъ слышны одновременно. Но если одинъ изъ нихъ мы поставимъ рядомъ съ собой, а другой отнесемъ на значительное разстояніе, то въ общемъ совпаденіе ударовъ ужъ наблюдаться не будетъ. Соотвѣтственные удары второго прибора будутъ достигать нашего уха позднѣе. Первый ударъ его будетъ слѣдовать, напримѣръ, непосредственно за первымъ ударомъ прибора, около котораго мы стоимъ, и т. д. Дѣлая разстояніе между приборами еще больше, можно достичь того, что снова наступитъ совпаденіе ударовъ. Первый ударъ одного будетъ совпадать со вторымъ другого, второй съ третьимъ и т. д. Ясно, что если приборы отбиваютъ десятыя доли секунды и если мы знаемъ разстояніе, на которое они должны быть удалены другъ отъ друга, чтобы наступило первое совпаденіе ударовъ, мы знаемъ путь, который проходитъ звукъ въ одну десятую часть секунды.

Передъ нами здѣсь явленіе, встрѣчающееся довольно часто. Какая-нибудь мысль съ великимъ трудомъ развивается въ теченіе столѣтій, но, разъ развившись, она становится, такъ сказать, весьма плодовитой. Она проникаетъ повсюду, не исключая и такихъ головъ, въ которыхъ она никогда развиться не могла бы. Она становиться прямо неискоренимой.

Опредѣленіе скорости свѣта—не единственный случай, въ которомъ непосредственное воспріятіе нашихъ чувствъ становится слишкомъ медлительнымъ и неповоротливымъ. Самое обычное

средство для изученія слишкомъ быстрыхъ процессовъ непосредственнымъ наблюденіемъ заключается въ томъ, что устанавливается взаимодѣйствіе между процессами, подлежащими изслѣдованію, и другими процессами, которые намъ уже знакомы и поддаются сравненію съ тѣми въ отношеніи своей скорости. Результатъ въ большинствѣ случаевъ получается весьма наглядный и даетъ возможность дѣлать заключенія о томъ, какъ происходятъ неизвѣстные еще процессы.

Скорость распространенія электричества опредѣлить непосредственнымъ наблюденіемъ невозможно. Но *Уитстонъ* попытался опредѣлить ее, наблюдая электрическую искру въ зеркалѣ, вращающемся съ огромной (но извѣстной) скоростью.

Когда мы размахиваемъ взадъ и впередъ какимъ-нибудь стержнемъ, то одного непосредственнаго наблюденія недостаточно, чтобы опредѣлить, какой скоростью онъ обладаетъ въ каждой точкѣ своего пути. Но будемъ разсматривать нашъ стержень сквозь отверстія, расположенныя по краямъ быстро вращающагося диска. Мы видимъ тогда движущійся стержень только въ опредѣленныхъ положеніяхъ, когда отверстіе проходитъ предъ нашимъ глазомъ.

Фиг. 17.

Отдѣльные образы стержня остаются на нѣкоторое время въ глазу. Намъ кажется, что мы видимъ нѣсколько стержней (см. фиг. 18). Если отверстія расположены въ дискѣ на равномъ разстояніи другъ отъ друга и дискъ вращается равномѣрно, то мы ясно видимъ, что отъ *a* до *b* нашъ стержень движется медленно, отъ *b* до *c*— быстрѣе, отъ *c* до *d* еще быстрѣе и всего быстрѣе отъ *d* до *e*.

Фиг. 18.

Водяная струя, вытекающая изъ какого-нибудь сосуда, кажется совершенно спокойной и равномѣрной. Если же однако ее мгновенно освѣтить въ темнотѣ электрической искрой, то мы видимъ, что струя состоитъ изъ отдѣльныхъ капель. Такъ какъ онѣ капаютъ быстро, то отдѣльные образы ихъ сливаются и струя представляется непрерывной. Разсмотримъ эту струю сквозь вращающійся дискъ. Заставимъ этотъ дискъ вращаться съ такой быстротой, чтобы въ то время, когда второе отверстіе станетъ на мѣсто перваго, и первая капля становилась на мѣсто второй, вторая на мѣсто третьей и т. д. Мы увидимъ тогда капли всегда на одномъ и томъ

же мѣстѣ. Струя будетъ представляться неподвижной. Если же мы станемъ вращать нашъ дискъ нѣсколько медленнѣе, то въ то время, когда второе отверстіе станетъ на мѣсто перваго, 1 капля упадетъ нѣсколько ниже 2, 2—нѣсколько ниже 3 и т. д. Черезъ каждое послѣдующее отверстіе мы будемъ видѣть каплю нѣсколько ниже. Будетъ казаться, что струя медленно течетъ внизъ.

Фиг. 19.

Но начнемъ вертѣть дискъ быстрѣе. Въ такомъ случаѣ, пока второе отверстіе станетъ на мѣсто перваго, капля 1 еще можетъ не дойти до мѣста 2, мы найдемъ ее нѣсколько выше 2, 2 нѣсколько выше 3 и т. д. Черезъ каждое послѣдующее отверстіе мы увидимъ каплю нѣсколько выше. Получится такой видъ, будто бы струя течетъ вверхъ, будто капли поднимаются изъ нижняго сосуда въ верхній [1]).

Вы видите, какъ физика становится все болѣе и болѣе страшной. Скоро настанетъ моментъ, когда физика будетъ въ состояніи играть роль рака въ Моринскомъ озерѣ, въ столь ужасныхъ чертахъ описанную поэтомъ *Копишомъ* въ слѣдующемъ стихотвореніи.

Der grosse Krebs im Mohriner See.

Von KOPISCH.

Die Stadt Mohrin hat immer acht,
Guckt in den See bei Tag und Nacht:
Kein gutes Christenkind erlebt's,
Dass los sich reisst der grosse Krebs!
Er ist im See mit Ketten geschlossen unten an,
Weil er dem ganzen Lande Verderben bringen kann!

Man sagt: er ist viel Meilen gross
Und wend't sich oft, und kommt er los,
So währt's nicht lang, er kommt ans Land,
Ihm leistet keiner Widerstand:
Und weil das Rückwärtsgehen bei Krebsen alter Brauch,
So muss dann alles mit ihm zurücke gehen auch.

Das wird ein Rückwärtsgehen sein!
Steckt einer was ins Maul hinein,
So kehrt der Bissen, vor dem Kopf,
Zurück zum Teller und zum Topf!
Das Brot wird wieder zu Mehle, das Mehl wird wieder zu Korn —
Und alles hat beim Gehen den Rücken dann von vorn.

---

[1]) См. главу X.

Der Balken löst sich aus dem Haus
Und rauscht als Baum zum Wald hinaus;
Der Baum kriecht wieder in den Keim,
Der Ziegelstein wird wieder Leim,
Der Ochse wird zum Kalbe, das Kalb geht nach der Kuh,
Die Kuh wird auch zum Kalbe, so geht es immer zu!

Zur Blume kehrt zurück das Wachs,
Das Hemd am Leibe wird zu Flachs,
Der Flachs wird wieder blauer Lein
Und kriecht dann in den Acker ein.
Man sagt beim Bürgermeister zuerst die Not beginnt,
Der wird vor allen Leuten zuerst ein Päppelkind.

Dann muss der edle Rat daran,
Der wohlgewitzte Schreiber dann;
Die erbgesess'ne Bürgerschaft
Verliert gemach die Bürgerkraft.
Der Rektor in der Schule wird wie ein Schülerlein,
Kurz eines nach dem andern wird Kind und dumm und klein.

Und alles kehrt im Erdenschoss
Zurück zu Adams Erdenkloss.
Am langsten hält, was Flugel hat;
Doch wird zuletzt auch dieses matt:
Die Henne wird zum Küchlein, das Küchlein kriecht ins Ei,
Das schlägt der grosse Krebs dann mit seinem Schwanz entzwei!

Zum Glücke kommt's wohl nie so weit!
Noch blüht die Welt in Fröhlichkeit:
Die Obrigkeit hat wacker acht,
Dass sich der Krebs nicht locker macht,
Auch für dies arme Liedchen wär'das ein schlechtes Gluck:
Es lief vom Münd der Leute ins Tintenfass zurück [1])

Великій ракъ въ Моринскомъ озерѣ.

Стихотвореніе *Копиша*.

[1]) Городъ Моринъ всегда насторожѣ, наблюдаетъ за озеромъ и день и ночь: не дай Богъ никому дожить, чтобы вырвался великій ракъ! Цѣпями онъ прикованъ ко дну озера, потому что онъ грозитъ гибелью всей странѣ! Говорятъ: онъ величиной во много миль и часто поворачивается. Стоитъ ему оторваться и онъ скоро явится на землю и тогда никто и ничто ему противостать не сможетъ; а такъ какъ раки съ давнихъ поръ пятятся назадъ—уже таковъ старинный ихъ обычай!—то и все должно съ нимъ пятиться назадъ. То-то будетъ движеніе вспять! Если кто возьметъ что-либо въ ротъ, кусокъ повернется отъ рта къ тарелкѣ, а тамъ и въ горшокъ! Хлѣбъ снова превратится въ муку, мука въ пшеницу и все будетъ двигаться

Разрѣшите мнѣ нѣсколько замѣчаній общаго характера. Вы замѣтили уже, что цѣлый рядъ аппаратовъ, служащихъ для различныхъ цѣлей, часто имѣетъ въ своей основѣ одинъ и тотъ же принципъ. Нерѣдко такимъ принципомъ является почти неуловимая, но весьма плодотворная идея, приводящая ко всякаго рода усовершенствованіямъ въ области физической техники. Здѣсь дѣло обстоитъ такъ же, какъ и въ обыденной практической жизни.

Колесо телѣги представляется намъ вещью въ высшей степени простой и неважной. Но изобрѣтатель его былъ навѣрное геніемъ. Быть можетъ, простая случайность заставила обратить вниманіе на то, какъ легко передвигать тяжести, пользуясь какимъ-нибудь валикомъ, напр., круглымъ стволомъ дерева. И вотъ сдѣлать одинъ шагъ дальше, отъ простого, подкладываемаго подъ предметъ, валика къ валику укрѣпленному, къ колесу, очень легко. Однако же это представляется столь легкимъ намъ, съ дѣтства знакомымъ съ колесомъ. Но представимъ себя въ положеніи человѣка, который никогда не видалъ колеса, который долженъ впервые изобрѣсти его. Мы почувствуемъ тогда, какихъ это стоило трудовъ. Пожалуй, намъ придется даже усомниться въ томъ, дѣйствительно ли это было дѣломъ *одного* человѣка, или, быть можетъ, нужны были столѣтія для того, чтобы изъ валика образовалось первое колесо.

Тѣхъ двигателей прогресса, которые построили первое колесо, не называетъ никакая исторія, они жили задолго до историческаго

задомъ напередъ. Стропила оставятъ свои дома и, превратившись въ деревья, съ шумомъ двинутся въ лѣсъ; дерево сползетъ въ землю, снова станетъ росткомъ, кирпичъ снова станетъ глиной, волъ превратится въ теленка, теленокъ двинется къ коровѣ, но и та станетъ теленкомъ и т. д. и т. д.! Собранный воскъ вернется къ цвѣтку, рубаха на тѣлѣ снова станетъ льномъ, ленъ снова станетъ льнянымъ сѣменемъ и тогда сползетъ въ распаханную пашню. Говорятъ, бѣда постигнетъ прежде всего бургомистра: онъ раньше всѣхъ превратится въ малаго ребенка. Затѣмъ настанетъ очередь благороднаго совѣтника, за нимъ очередь остроумца—писаря; мало-по-малу родовое мѣщанство будетъ терять свое значеніе и силу. Самъ директоръ школы станетъ не больше самаго малаго ученика. Однимъ словомъ, всѣ одинъ за другимъ станутъ дѣтьми и глупыми и малыми. И все вернется къ міру Адама. Дольше всѣхъ продержатся твари, имѣющія крылья. Въ концѣ концовъ однако дойдетъ очередь и до нихъ: курица станетъ цыпленкомъ цыпленокъ полѣзетъ въ яйцо, которое разобьетъ своимъ хвостомъ великій ракъ. Къ счастью, дѣло никогда такъ далеко не заходитъ! Процвѣтаетъ еще нашъ міръ на радость намъ: начальство зорко слѣдитъ за тѣмъ, чтобы ракъ цѣпей не разорвалъ; даже для этой пѣсенки было бы тогда плохо дѣло: она съ устъ читателей сбѣжала бы въ чернильницу обратно.

времени. Никакая академія не награждала ихъ, никакое общество инженеровъ не выбирало ихъ въ свои почетные члены. Они продолжаютъ жить лишь въ великолѣпныхъ результатахъ ихъ благотворной дѣятельности. Отнимите у насъ колесо, и едва ли многое сохранится отъ всей техники и индустріи новаго времени. Исчезнетъ все: отъ самопрялки до прядильни съ паровыми машинами, отъ токарнаго станка до прокатной машины, отъ простой тачки до поѣзда желѣзной дороги—все сгинетъ.

Такое же значеніе имѣетъ колесо и въ наукѣ. Вращательные аппараты, какъ простѣйшее средство вызвать быстрое движеніе безъ перемѣны мѣста, играютъ роль во всѣхъ отдѣлахъ физики. Вы знаете вращающіяся зеркала *Уитстона*, зубчатое колесо *Физо*, вращающіеся, снабженные отверстіями, диски *Плато* и т. д. Всѣ эти аппараты построены въ сущности по одному и тому же принципу. Они отличаются другъ отъ друга не больше, чѣмъ по назначенію своему должны отличаться одинъ отъ другого карманный ножъ, ножъ анатома, или виноградарскій ножъ. Почти то же самое можно сказать и относительно винта.

Вамъ уже ясно, я надѣюсь, что новыя идеи возникаютъ не вдругъ. И идеямъ нужно время, чтобы произрастать и расцвѣсти, чтобы развиться, подобно каждому существу природы: вѣдь, человѣкъ со всѣмъ своимъ мышленіемъ тоже является частью природы.

Медленно, постепенно, съ трудомъ преобразовывается одна мысль въ другую, какъ, по всей вѣроятности, совершается постепенный переходъ одного животнаго вида въ другой. Много идей появляется одновременно. Онѣ ведутъ свою борьбу за существованіе не иначе, чѣмъ ихтіозавръ или лошадь [1]).

Немногія выживаютъ, чтобы затѣмъ быстро распространиться по всѣмъ областямъ знанія, снова развиваться, дѣлиться и снова начать борьбу за свое существованіе. Подобно тому, какъ давно выродившійся животный видъ, представитель какой-нибудь прошлой эпохи, сохраняется еще въ нѣкоторыхъ глухихъ мѣстностяхъ, гдѣ онъ защищенъ отъ нападенія враговъ, такъ мы находимъ давно изжитыя, преодолѣнныя идеи, которыя продолжаютъ жить еще въ головахъ нѣкоторыхъ людей. Кто внимательно наблюдаетъ себя, тотъ долженъ признать, что идеи столь же упорно борятся

1) См. главу XIV.

за свое существованіе, какъ и животныя. Кто станетъ отрицать, что кое-какія преодолѣнныя уже воззрѣнія долго продолжаютъ еще гнѣздиться въ глухихъ уголкахъ мозга, не рѣшаясь выступить впередъ въ стройный рядъ ясныхъ идей? Какой изслѣдователь не знаетъ, что въ процессѣ развитія его идей ему приходится вести жесточайшую борьбу *съ самимъ собой?*

Съ подобными же явленіями естествоиспытатель сталкивается повсюду, въ вещахъ самыхъ незначительныхъ. Истый естествоиспытатель занимается наблюденіемъ природы повсюду, даже на прогулкѣ, даже на одной изъ оживленнѣйшихъ улицъ города. Если онъ не слишкомъ ученый, онъ замѣчаетъ, что нѣкоторыя вещи, какъ, напримѣръ, дамскія шляпы, подвержены измѣненіямъ. Спеціально я этимъ предметомъ не занимался, но одно я помню: что одна форма постепенно переходитъ въ другую. Когда-то носили шляпы съ широкими полями. И глубоко подъ ними скрыто было лицо красавицы, едва видное въ телескопъ. Но поля становились все короче и шляпа все суживалась, превращаясь въ иронію надъ шляпой. Зато надъ ней стала выростать огромная крыша, и одинъ Господь только вѣдаетъ, до какихъ размѣровъ это дойдетъ. Дамскія шляпы, что бабочки, разнообразіе формъ которыхъ часто бываетъ основано только на томъ, что какой-нибудь небольшой наростъ на крыльяхъ у одного изъ родственныхъ видовъ развивается въ большую отдѣльную долю крыла. И природа имѣетъ свои моды, но онѣ существуютъ столѣтія. Я могъ бы привести въ доказательство этой мысли еще кое-какой примѣръ, напримѣръ, разсказать о происхожденіи фрака, если бы я не боялся, что моя болтовня слишкомъ уже наскучитъ.

Итакъ, мы познакомились съ однимъ отрывкомъ изъ исторіи науки. Чему же онъ научилъ насъ? Такая маленькая, ничтожная, можно сказать, задача, какъ измѣреніе скорости свѣта, а надъ рѣшеніемъ ея пришлось работать болѣе двухъ столѣтій! Три самыхъ выдающихся естествоиспытателя, итальянецъ *Галилей*, датчанинъ *Рёмеръ*, и французъ *Физо*, честно раздѣлили между собой этотъ трудъ. И то же самое просходитъ при рѣшеніи безчисленнаго множества другихъ вопросовъ. Много цвѣтковъ мысли должно увянуть, не расцвѣтая, прежде чѣмъ расцвѣтетъ *одинъ*. Вдумаемся въ это, и мы только тогда вполнѣ поймемъ правдивыя, но мало утѣшительныя слова:

Много званныхъ, да мало избранныхъ.

И объ этомъ свидѣтельствуетъ каждая страница исторіи! Но справедлива ли исторія? Дѣйствительно ли только тѣ являются избранными, кого она называетъ? Дѣйствительно ли напрасно жили и боролись тѣ, которые не удостоились награды.

Я готовъ усомниться въ этомъ. И въ этомъ усомнится всякій, кому знакомы мучительныя мысли безсонныхъ ночей, которыя, часто оставаясь долго безплодными, въ концѣ концовъ ведутъ все же къ цѣли. Ни одна мысль не была здѣсь *напрасной*, а каждая, даже самая ничтожная, даже ложная, даже самая неплодотворная какъ будто расчищала путь слѣдующей, плодотворной. Какъ въ мышленіи отдѣльнаго человѣка нѣтъ *ничего*, что было бы напрасно, такъ нѣтъ этого и въ мышленіи человѣчества!

Галилей хотѣлъ измѣрить скорость свѣта. Ему пришлось сойти въ могилу, не выполнивъ этого, но онъ, по крайней мѣрѣ, нашелъ фонарь, съ помощью котораго это удалось сдѣлать его преемнику. И я имѣю, поэтому, право утверждать, что всѣ мы, если только этого хотимъ, работаемъ надъ дѣломъ культуры будущаго. Будемъ, поэтому, всѣ работать, какъ слѣдуетъ, и мы *всѣ* будемъ званные, *всѣ* избранные.

VI.

Для чего человѣку два глаза[1]).

Для чего человѣку *два* глаза?

Для того, чтобы не была нарушена прекрасная симметрія лица, отвѣтилъ бы, можетъ быть, художникъ. Для того, чтобы второй глазъ могъ служить замѣной, если будетъ потерянъ первый, скажетъ осторожный экономистъ. Для того, чтобы мы двумя глазами могли плакать надъ грѣхами міра, скажетъ ханжа. Не странно ли это? Но если бы вы обратились съ этимъ вопросомъ къ какому-нибудь естествоиспытателю, вы могли бы счесть за счастье, если бы вы отдѣлались однимъ страхомъ. Извините меня, сударыня, сказалъ бы онъ строго, человѣкъ вовсе не обладаетъ своими глазами для какой-нибудь цѣли; природа не человѣкъ и потому и не такъ ординарна, чтобы заниматься преслѣдованіемъ какихъ-то цѣлей. Но это еще ничего! Я знавалъ одного профессора, который съ ужасомъ затыкалъ ротъ своимъ ученикамъ, когда они пытались ставить такой ненаучный вопросъ.

Спросите еще только человѣка терпимаго, спросите меня. Собственно говоря, я не знаю въ точности, для чего у человѣка два глаза, но отчасти, мнѣ кажется, и для того, чтобы я могъ видѣть васъ здѣсь сегодня и бесѣдовать съ вами на эту прекрасную тему.

Вотъ вы снова улыбаетесь недовѣрчиво. Но, вѣдь, это одинъ изъ тѣхъ вопросовъ, на который не дадутъ полнаго отвѣта и сто мудрецовъ вмѣстѣ взятыхъ. Выслушавши до сихъ поръ только пятерыхъ изъ нихъ, вы навѣрное предпочли бы не слушать остальныхъ 95. Первому вы могли бы возразить, что мы были бы не

[1]) *Лекція, прочитанная въ Грацѣ, въ 1866 г.*

менѣе красивы, если бы выступали, какъ циклопы; второму вы отвѣтили бы, что, если слѣдовать его принципу, то было бы еще лучше имѣть четыре или восемь глазъ и, слѣдовательно, въ этомъ отношенiи мы стоимъ далеко позади пауковъ; третьему вы отвѣтили бы, что вы не имѣете охоты плакать; четвертому вы могли бы сказать, что одно запрещенiе ставить вопросъ скорѣе возбуждаетъ, чѣмъ удовлетворяетъ ваше любопытство, а чтобы отъ меня отдѣлаться, вы можете сказать, что мое удовольствiе вовсе не такъ важно, чтобы этимъ можно было оправдать существованiе двухъ глазъ у всѣхъ людей со времени грѣхопаденiя. Но разъ вы недовольны моимъ краткимъ и яснымъ отвѣтомъ, то отвѣчайте сами за послѣдствiя. Вы выслушаете отвѣтъ болѣе длинный и болѣе основательный, насколько я смогу его дать.

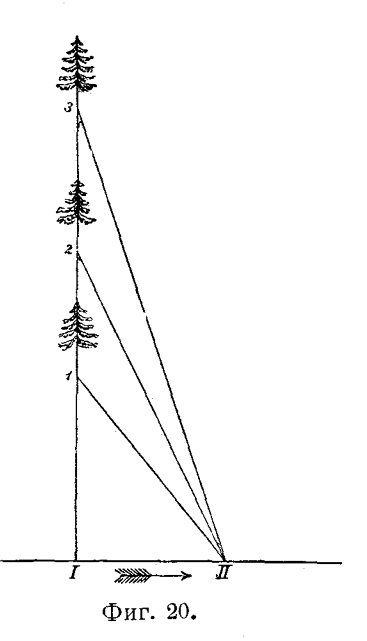
Но естественнонаучная церковь, какъ мы видѣли, запрещаетъ вопросъ «для чего». Чтобы оставаться вполнѣ правовѣрными, мы поставимъ, поэтому, вопросъ такъ: человѣкъ имѣетъ два глаза; что же можетъ онъ видѣть двумя глазами, чего не увидѣлъ бы однимъ.

Позвольте предложить вамъ небольшую прогулку! Мы находимся въ лѣсу. Что это такое, что такъ выгодно отличаетъ дѣйствительный лѣсъ отъ нарисованнаго, какъ бы великолѣпенъ ни былъ бы рисунокъ? Что дѣлаетъ его въ такой мѣрѣ привлекательнымъ? Живость ли красокъ, распредѣленiе свѣта и тѣни? Не это, я думаю. Мнѣ кажется, что, напротивъ, именно въ этомъ живопись могла бы очень многое сдѣлать.

Искусная рука художника можетъ двумя-тремя штрихами кисти набросать фигуру весьма пластичную. Еще большаго можно достичь при помощи другихъ средствъ. Фотографическiя рельефныя изображенiя бываютъ настолько пластичны, что такъ и кажется, будто можно ощупать всѣ возвышенiя и углубленiя Но одного не можетъ художникъ воспроизвести съ той живостью, какая наблюдается въ природѣ: разницы между близкимъ и далекимъ. Въ дѣйствительномъ лѣсу вы ясно видите, что одни деревья такъ близки къ вамъ, что вы можете осязать ихъ, тогда какъ другiя такъ далеки, что вы добраться до нихъ не можете.

Картина художника неподвижна. Картина же дѣйствительнаго лѣса измѣняется при малѣйшемъ нашемъ движенiи. Вотъ одна вѣтка спряталась за другой, а вотъ показался стволъ, который до сихъ поръ былъ прикрытъ другимъ.

Разсмотримъ это явленіе подробнѣе. Ради удобства дамъ останемся на аллеѣ I, II. Справа и слѣва лѣсъ. Когда мы стоимъ въ одномъ мѣстѣ, напримѣръ, въ I, то мы видимъ, допустимъ, въ одномъ направленіи три дерева (1, 2, 3), изъ которыхъ каждое, болѣе отдаленное отъ насъ, нѣсколько закрыто болѣе близкимъ. По мѣрѣ того, какъ мы подвигаемся впередъ, дѣло мѣняется. Находясь въ II, мы для того, чтобы видѣть третье дерево (3), не должны настолько оборачиваться, сколько для того, чтобы увидѣть второе дерево (2), а для того, чтобы увидѣть это послѣднее, мы меньше должны оборачиваться, чѣмъ для того, чтобы увидѣть первое дерево (1). Такимъ образомъ, *когда Вы подвигаетесь впередъ, то болѣе близкіе къ вамъ предметы какъ будто болѣе отстаютъ, чѣмъ болѣе отдаленные, и тѣмъ больше, чѣмъ они ближе къ вамъ.* Что же касается до очень отдаленныхъ отъ васъ предметовъ, на которые, подвигаясь впередъ, вамъ долго приходится осматриваться почти въ одномъ и томъ же направленіи, то они какъ будто двигаются вмѣстѣ съ вами. Такъ, сидя въ желѣзнодорожномъ вагонѣ, быстро несущемся по огромному полю, вамъ кажется, что луна двигается вслѣдъ за поѣздомъ.



Фиг. 20.

Когда мы видимъ, что изъ-за холма выглядываютъ верхушки двухъ деревьевъ и намъ неясно, какое изъ нихъ ближе къ намъ и какое дальше, намъ нетрудно это выяснить. Мы отходимъ нѣсколько шаговъ въ сторону, хотя бы вправо, и какая верхушка отодвинется болѣе влѣво, та и будетъ ближе къ намъ. Болѣе того, геометръ могъ бы даже по величинѣ этого отступленія вычислить само разстояніе, ни разу не приблизившись къ самимъ деревьямъ. Ничто иное, какъ именно это наше наблюденіе, научно разработанное, даетъ возможность измѣрять разстояніе между звѣздами.

Итакъ, *на основаніи перемѣнъ, происходящихъ въ открывающейся передъ нашимъ взоромъ картинѣ, когда мы подвигаемся впередъ, можно измѣрять разстояніе между предметами въ нашемъ полѣ зрѣнія.*

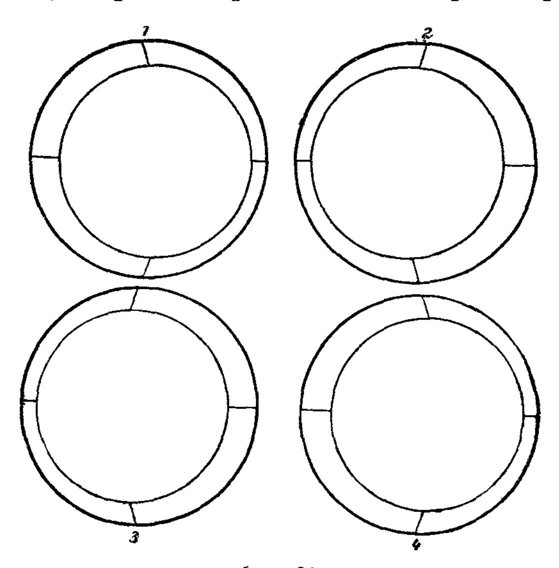
Строго говоря, вовсе нѣтъ необходимости подвигаться для этого впередъ. Ибо каждый наблюдатель состоитъ собственно изъ двухъ наблюдателей. Человѣкъ имѣетъ два глаза. Правый глазъ находится правѣе лѣваго. Вслѣдствіе этого изображенія, получающіяся отъ *одного и того же* лѣса въ правомъ и лѣвомъ глазу, не одинаковы, а *различны.* Правый глазъ видитъ ближайшія деревья смѣщенными нѣсколько влѣво и притомъ тѣмъ больше, чѣмъ они ближе. Вотъ этого различія достаточно, чтобы опредѣлить разстояніе.

И дѣйствительно, вы легко можете убѣдиться въ слѣдующихъ фактахъ:

1. Когда вы смотрите однимъ глазомъ (закрывъ другой), ваша оцѣнка разстояній весьма ненадежна. Вамъ съ трудомъ, напримѣръ, удается просунуть палку сквозь подставленное кольцо, а большей частью вы попадаете мимо кольца.

2. Правымъ глазомъ вы тотъ же предметъ видите иначе, чѣмъ лѣвымъ.

Возьмите абажуръ отъ лампы и помѣстите его прямо передъ собой на столѣ, широкой стороной внизъ, и разсматривайте его



Фиг. 21.

сверху. Вы видите правымъ глазомъ изображеніе 2, а лѣвымъ изображеніе 1. Если же вы помѣстите абажуръ широкимъ отверстіемъ вверхъ, то вы правымъ глазомъ увидите изображеніе 4, а

лѣвымъ изображеніе 3. Подобными наблюденіями занимался уже *Эвклидъ*.

3. Наконецъ, вы знаете, что если смотрѣть *обоими* глазами, то разстояніе узнать нетрудно. Очевидно, слѣдовательно, что для этого нужна совмѣстная работа обоихъ глазъ. Въ приведенномъ выше примѣрѣ отверстія въ изображеніяхъ обоихъ глазъ кажутся намъ смѣщенными другъ относительно друга, и этого смѣщенія достаточно, чтобы мы считали одно отверстіе болѣе близкимъ, чѣмъ другое.

Я не сомнѣваюсь, сударыни, что вамъ приходилось уже слышать не мало очень тонкихъ комплиментовъ своимъ глазамъ. Одного только вамъ никто еще навѣрное не сказалъ — да я и не знаю, покажется ли это вамъ лестнымъ—что въ вашихъ глазахъ, все равно черныхъ ли, или голубыхъ, сидятъ маленькіе геометры!

Вы ничего объ этомъ не знаете? Собственно говоря, и я объ этомъ ничего не знаю. Но какъ же это можетъ быть иначе? Хорошо ли вы знакомы съ геометріей? Вы сознаетесь, что очень плохо. Но какъ же вы съ помощью вашихъ глазъ измѣряете разстоянія? Вѣдь это же геометрическая задача! А вы умѣете ее рѣшать, ибо способны же вы оцѣнивать разстояніе. Если же вы не рѣшаете этой задачи сами, то это, очевидно, тайно дѣлаютъ маленькіе геометры, сидящіе въ вашихъ глазахъ, и потомъ шепотомъ сообщаютъ вамъ рѣшеніе. Неправда ли, ловкіе малые!

Но что меня при этомъ удивляетъ, такъ это только то, что вы ничего объ этомъ не знаете. Но, можетъ быть, и они ничего не знаютъ о васъ? Можетъ быть, это столь аккуратные чиновники, которые ничѣмъ болѣе не интересуются, кромѣ своего бюро. Но въ такомъ случаѣ, намъ нетрудно надуть этихъ господъ.

Покажемъ правому глазу изображеніе, имѣющее вполнѣ такой видъ, какимъ абажуръ отъ лампы представляется правому глазу, а лѣвому глазу покажемъ изображеніе, имѣющее вполнѣ такой видъ, какимъ тотъ же абажуръ представляется лѣвому глазу. Намъ кажется тогда, что мы видимъ передъ собой абажуръ во всей физической его тѣлесности.

Вамъ знакомъ этотъ опытъ! Кто привыкъ косить глаза, можетъ воспроизвести его здѣсь же на фигурѣ, разсматривая правымъ глазомъ правое изображеніе и лѣвымъ—лѣвое. Именно такимъ образомъ этотъ опытъ былъ впервые произведенъ *Эллiотомъ* въ 1834 г. Усовершенствованіемъ его является стереоскопъ, изобрѣтенный Уитсто-

номъ въ 1838 г. и преобразованный Брьюстеромъ въ очень полезный и всѣмъ извѣстный аппаратъ [1]).

Съ помощью фотографіи мы можемъ, сдѣлавъ два снимка одной и той же мѣстности съ двухъ разныхъ пунктовъ (соотвѣтственно правому и лѣвому глазу), воспроизвести въ стереоскопѣ ясное пространственное изображеніе далекихъ мѣстностей и зданій.

Но стереоскопъ дѣлаетъ еще больше. Онъ позволяетъ видѣть вещи, которыя въ дѣйствительности никогда не могутъ быть наблюдаемы съ такой ясностью. Вамъ извѣстно, что если, сидя у фотографа, вы не будете соблюдать надлежащаго спокойствія, то вашъ портретъ будетъ напоминать индусское божество съ нѣсколькими головами или руками, которыя въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ онѣ кажутся наложенными другъ на друга, иногда бываютъ видимы съ одинаковой отчетливостью, такъ что одно изображеніе можно видѣть сквозь другое. Если кто-нибудь до окончанія сеанса быстро отойдетъ въ другое мѣсто, то на снимкѣ за нимъ будутъ видны стоявшіе позади предметы. Человѣкъ становится прозрачнымъ. На этомъ основана фотографія духовъ.

Изъ этого наблюденія можно сдѣлать весьма полезное примѣненіе. Если стереоскопически сфотографировать какую-нибудь машину, напримѣръ, и во время этой операціи удалять одну ея часть за другой (причемъ въ самой операціи должны быть сдѣланы, конечно, перерывы), то можно получить фотографію прозрачной машины, въ которой ясно были бы видны скрытыя обыкновенно части ея, входящія одна въ другую [1]).

Вы видите, что фотографія дѣлаетъ гигантскіе успѣхи, и намъ грозитъ большая опасность, что явится какой-нибудь коварный фотографъ, который сможетъ снимать своихъ ничего не подозрѣвающихъ кліентовъ прозрачными, со всѣмъ тѣмъ, что они скрываютъ въ своемъ сердцѣ, со всѣми тайными ихъ помыслами. Какое спокойствіе настанетъ тогда въ государствѣ! Какая богатая добыча для нашей достославной полиціи!

Итакъ, *совмѣстнымъ дѣйствіемъ обоихъ глазъ, мы познаемъ разстоянія, а потому и формы тѣла.* Позвольте мнѣ потолковать о другихъ еще относящихся сюда опытахъ, которые помогутъ намъ понять нѣкоторыя явленія изъ исторіи культуры.

---

[1]) Brewster, The Stereoscope London 1856 стр. 18, 19, 56, 57.

[1]) См. главу IX.

Вы уже часто слышали и сами замѣчали, что болѣе отдаленные предметы представляются въ перспективѣ уменьшенными. Въ самомъ дѣлѣ, вы легко убѣдитесь, что всю фигуру человѣка, находящагося въ нѣсколькихъ шагахъ отъ васъ, можно закрыть однимъ пальцемъ, если держать его на небольшомъ разстояніи передъ глазомъ. Однако же вы обыкновенно не замѣчаете этого уменьшенія. Вамъ кажется, напротивъ, что человѣка, стоящаго среди залы, вы видите такимъ же, какимъ и вблизи, непосредсредственно передъ собой. Это потому, что глазъ узнаетъ разстояніе и сообразно съ этимъ придаетъ далекимъ предметамъ большій размѣръ. Глазъ знаетъ, такъ сказать, о перспективномъ уменьшеніи и не позволяетъ ему обманывать себя, даже если его обладатель ничего не знаетъ объ уменьшеніи. Кто пробовалъ рисовать съ натуры, тому знакомы затрудненія, какія создаетъ эта способность глаза для воспріятія перспективы. Только когда оцѣнка разстоянія становится ненадежной, когда разстояніе слишкомъ велико и исчезаетъ масштабъ для него, или же когда оно слишкомъ быстро измѣняется, перспектива становится ясной.

Когда вы быстро мчитесь въ поѣздѣ желѣзной дороги и внезапно замѣчаете на какомъ-нибудь холмѣ нѣсколько человѣкъ, то они часто кажутся вамъ маленькими куколками, потому что у васъ нѣтъ масштаба для разстоянія. Камни при входѣ въ туннель замѣтнымъ образомъ увеличиваются, когда въѣзжаешь въ него, и быстро уменьшаются, когда удаляешься отъ него.

Оба глаза дѣйствуютъ обыкновенно вмѣстѣ. Такъ какъ извѣстные виды очень часто повторяются и приводятъ всегда къ совершенно сходнымъ оцѣнкамъ разстоянія, то глаза и пріобрѣтаютъ особую сноровку въ истолкованіи ихъ. Сноровка [1]) эта въ концѣ концовъ становится столь значительной, что и одинъ глазъ беретъ уже на себя это истолкованіе.

Позвольте мнѣ пояснить это на примѣрѣ. Что можетъ быть привычнѣе для васъ, чѣмъ картина открывающаяся передъ вами вдоль улицы. Кто не смотрѣлъ обоими глазами, полный ожиданій, вдоль нея, стараясь измѣрить ея глубину? Но вотъ вы приходите на художественную выставку и находите картину, изображающую такую улицу. Художникъ не пожалѣлъ линейки для того, чтобы сдѣлать правильную перспективу. Геометръ въ вашемъ лѣвомъ глазѣ ду-

---

[1]) *Однимъ* только индивидуальнымъ опытомъ эта сноровка объяснена быть не можетъ. См. «Анализъ ощущеній».

маетъ: о, это я уже высчитывалъ сотни разъ, здѣсь я знаю отношенія между разстояніями наизусть. Это улица, говоритъ онъ, тамъ, гдѣ дома становятся ниже, ея болѣе отдаленный конецъ. Геометръ праваго глаза слишкомъ лѣнивъ, чтобы наводить какія-нибудь справки у своего, быть можетъ, нѣсколько ворчливаго коллеги, и потому говоритъ то же самое. Но вдругъ въ этихъ исправныхъ служакахъ снова пробуждается чувство долга, они производятъ вычисленіе и находятъ, что всѣ точки картины находятся отъ нихъ на равномъ разстояніи, т. е., что онѣ нарисованы на одномъ полотнѣ.

Чему вы теперь будете вѣрить? Тому, что глаза говорили въ первый разъ, или тому, что они сказали во второй разъ? Если вы повѣрите первому ихъ заключенію, то ясно увидите улицу; если же второму, — то вы не увидите ничего, кромѣ полотна, на которомъ нарисованы какія-то неправильныя изображенія.

Вамъ кажется пустякомъ разсмотрѣть картину и уловить ея перспективу. И однако же прошли тысячелѣтія, прежде чѣмъ человѣчество научилось этому пустяку, да и многіе изъ васъ дошли до этого лишь подъ вліяніемъ воспитанія.

Я хорошо помню, что въ возрастѣ около трехъ лѣтъ всѣ рисунки, въ которыхъ соблюдается перспектива, казались мнѣ искаженными изображеніями предметовъ. Я не могъ понять, почему живописецъ изобразилъ столъ на одной сторонѣ такимъ широкимъ, а на другой — такимъ узкимъ. Дѣйствительный столъ казался мнѣ на далекомъ концѣ столь же широкимъ, какъ и на ближайшемъ, такъ какъ мой глазъ производилъ свои вычисленія безъ моего содѣйствія. Что на изображеніе стола на плоскости нельзя смотрѣть, какъ на покрытую красками плоскость, что оно означаетъ столъ и должно быть представлено продолжающимся вглубь,—это былъ пустякъ, котораго я не понималъ. Я утѣшаю себя тѣмъ, что и цѣлые народы его не понимали.

Есть наивные люди, которые убійство на сценѣ принимаютъ за дѣйствительное убійство и всякое мнимое дѣйствіе считаютъ реальнымъ дѣйствіемъ; они готовы возмущаться и спѣшить на помощь, когда видятъ въ пьесѣ людей притѣсняемыхъ. Нѣкоторые же, напротивъ, не могутъ забыть, что деревья на сценѣ—только декораціи, что Ричардъ III—это актеръ М., котораго они уже не разъ встрѣчали въ обществѣ. Обѣ ошибки одинаково велики.

Для того, чтобы имѣть правильный взглядъ на драму и на картину, нужно знать, что та и другая—не дѣйствительность, но озна-

чаютъ и кое-что дѣйствительное. Для этого требуется, чтобы внутренняя духовная жизнь преобладала до извѣстной степени надъ жизнью чувствъ, чтобы первая не уничтожалась непосредственнымъ впечатлѣніемъ. Для этого требуется извѣстная свобода въ опредѣленіи своей точки зрѣнія, извѣстный юморъ, сказалъ бы я, котораго совсѣмъ нѣтъ у ребенка и у народовъ молодыхъ.

Разсмотримъ нѣсколько историческихъ фактовъ. Мои изслѣдованія не будутъ очень уже основательными, я не начну съ каменнаго вѣка, хотя и отъ этой эпохи у насъ сохранились рисунки, весьма оригинальные въ перспективѣ.

Обратимся лучше къ гробницамъ и развалинамъ храмовъ древнихъ египтянъ. Безчисленные рельефы ихъ и великолѣпныя краски сохранились на протяженіи тысячелѣтій. Передъ нашими глазами вырисовывается здѣсь богатая и разнообразная жизнь. Мы находимъ египтянъ во всѣхъ положеніяхъ и условіяхъ жизни. Что сразу же бросается въ глаза—это изящество художественной техники. Контуры въ высшей степени нѣжны и тонки. Но рядомъ съ ними мы находимъ нѣсколько грубо-яркихъ красокъ, безъ всякой смѣси и безъ перехода. Тѣнь отсутствуетъ совершенно. Плоскости закрашены равномѣрно.

Ужасающею для современнаго глаза является перспектива. Всѣ фигуры одинаково велики за исключеніемъ царя, который изображенъ въ несоразмѣрно увеличенномъ видѣ. Близкое и дальнее — одинаковой величины. Уменьшенія, требуемаго перспективой, нѣтъ нигдѣ. Прудъ съ водяными птицами, изображается на вертикальной плоскости такъ, какъ будто поверхность воды и въ дѣйствительности вертикальна.

Человѣческія фигуры переданы такъ, какъ ихъ никогда нельзя видѣть. Ноги видны съ боку, лицо въ профиль, грудь же всегда во всю ширину плоскости рисунка. Голову быка рисовали въ профиль, между тѣмъ какъ рога опять таки въ плоскости рисунка. Принципъ, которому слѣдовали египтяне, быть можетъ, лучше всего былъ бы переданъ, если бы мы сказали, что фигуры накладывались на плоскость рисунка, какъ засушенные цвѣты въ гербаріѣ.

Дѣло объясняется просто. Такъ какъ египтяне привыкли разсматривать вещи безъ предвзятости обоими глазами, то имъ не могло быть привычно перенесеніе въ пространство перспективнаго рисунка. Они видѣли руки, ноги у дѣйствительныхъ людей въ натуральную величину. Фигуры, наложенныя на плоскость, были въ

ихъ глазахъ болѣе похожи на оригиналы, чѣмъ рисунки съ перспективой.

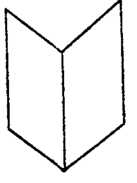
Это становится еще понятнѣе, если принять въ соображеніе, что живопись развилась изъ рельефа. Небольшія несходства между придавленными фигурами и оригиналами не могли все же не привести мало-по-малу къ перспективному рисунку. Физіологически же египетская живопись имѣетъ столько же основаній, какъ и рисунки нашихъ дѣтей.

Небольшой шагъ впередъ, по сравненію съ египтянами, мы находимъ уже у ассирійцевъ. Рельефы, найденные при раскопкахъ холмовъ Нимрода у Моссула, въ общемъ сходны съ египетскими. Знакомствомъ съ ними мы обязаны преимущественно *Layard'у*.

Въ новую фазу своего развитія живопись вступаетъ у китайцевъ. Здѣсь мы находимъ уже ясно выраженное чувство перспективы и правильныхъ тѣней, хотя встрѣчаются еще и ошибки. И въ этой области китайцы сдѣлали, повидимому, только начало, но не пошли далеко впередъ. Этому соотвѣтствуетъ и языкъ ихъ, который, какъ языкъ дѣтей, не развился еще до той стадіи, на которой появляется грамматика или скорѣе, согласно современному воззрѣнію, не палъ еще до такой степени, чтобы имѣть грамматику. Этому соотвѣтствуетъ и состояніе ихъ музыки, которая удовлетворяется пятизвучной гаммой.

Стѣнная живопись Геркуланума и Помпеи обнаруживаетъ на ряду съ изяществомъ рисунка ясно выраженное чувство перспективы и правильнаго освѣщенія, но она очень неосторожна въ конструкціи. И здѣсь уменьшенія еще избѣгаются и члены иногда ставятся въ неестественное положеніе, въ которомъ они являются во всей своей величинѣ. Уменьшенія чаще замѣчаются на одѣтыхъ, чѣмъ на неодѣтыхъ фигурахъ.

Къ пониманію этихъ явленій я пришелъ впервые, благодаря нѣсколькимъ простымъ экспериментамъ, которые показываютъ, какъ различно, въ зависимости отъ произвольно принятой точки зрѣнія, можетъ смотрѣть человѣкъ на одинъ и тотъ же предметъ, если только онъ пріобрѣлъ нѣкоторую власть надъ своими чувствами.


Фиг. 22.

Разсмотримъ прилагаемый здѣсь рисунокъ. Онъ можетъ представлять собой согнутый листъ бумаги, обращенный къ вамъ своею внутреннею (вогнутою) или внѣшнею (выпуклою) стороной. Этотъ рисунокъ вамъ можетъ представляться и

тѣмъ, и другимъ, и въ обоихъ случаяхъ онъ будетъ казаться не одинаковымъ.

Если вы, дѣйствительно, поставите передъ собой на столъ согнутый листъ бумаги такъ, чтобы онъ обращенъ былъ къ вамъ острымъ ребромъ, то, смотря на него *однимъ* глазомъ, вы можете видѣть его то выпуклымъ, т. е. какъ онъ есть на самомъ дѣлѣ, то вогнутымъ. При этомъ обнаруживается замѣчательное явленіе. Когда вы видите листъ въ томъ положеніи, въ какомъ онъ, дѣйствительно, находится, ни освѣщеніе, ни форма его не представляютъ собой ничего особеннаго. Когда же онъ представляется перегнутымъ въ другую сторону, вы замѣчаете неправильную перспективу, свѣтъ и тѣни кажутся несравненно ярче и темнѣе, какъ будто на бумагѣ густо наложены яркія краски. Свѣтъ и тѣнь оказываются ничѣмъ не обусловленными въ своемъ распредѣленіи: они уже не соотвѣтствуютъ формѣ тѣла и скорѣе бросаются въ глаза.

Въ повседневной жизни, мы пользуемся перспективой и освѣщеніемъ видимыхъ предметовъ, чтобы узнать ихъ форму и положеніе. Вслѣдствіе этого мы не замѣчаемъ свѣта, тѣни и искаженій фигуръ. Но они съ силой вступаютъ въ сознаніе, когда мы вмѣсто обычнаго пространственнаго прибѣгаемъ къ другому истолкованію фигуръ. Разсматривая плоское изображеніе въ камеръ-обскурѣ, вы поразитесь силѣ свѣта и густотѣ тѣни, которыя вы на дѣйствительныхъ предметахъ едва замѣчаете.

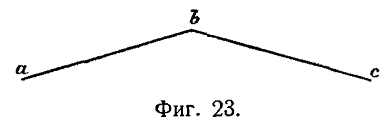
Въ самой ранней моей юности всѣ тѣни и свѣтлыя мѣста на картинахъ казались мнѣ ненужными пятнами. Когда я въ ранней юности началъ учиться рисовать, я считалъ наведеніе тѣней простымъ обычаемъ. Я срисовалъ однажды пастора, друга нашего дома, и заштриховалъ половину лица совсѣмъ черной. Сдѣлалъ я это не потому, что-бы я чувствовалъ въ этомъ потребность, а потому, что видѣлъ это на другихъ портретахъ. За это я подвергся жесточайшей критикѣ со стороны моей матери, и моей глубоко оскорбленной гордости художника я обязанъ тѣмъ, что эти факты такъ сохранились въ моей памяти.

Изъ всего этого вы видите, что не только въ жизни отдѣльнаго человѣка, но и въ жизни человѣчества, въ исторіи культуры, не мало вещей объясняется тѣмъ фактомъ, что у человѣка два глаза.

Измѣните глазъ человѣка и вы измѣните его міровоззрѣніе. Посѣтивъ ближайшихъ нашихъ родственниковъ—египтянъ, китай-

цевъ и жителей свайныхъ построекъ, мы не оставимъ безъ вниманія и болѣе отдаленныхъ нашихъ родственниковъ, обезьянъ и другихъ животныхъ. Сколь иной должна казаться природа животнымъ, глаза которыхъ устроены совсѣмъ иначе, чѣмъ у людей, насѣкомымъ, напримѣръ. Но покуда наукѣ приходится отказаться отъ мысли дать объ этомъ какое нибудь представленіе, такъ какъ мы слишкомъ мало еще знакомы съ тѣмъ, какъ функціонируютъ эти органы. Загадка для насъ уже то, какой представляется природа животнымъ, родственнымъ человѣку, какъ напримѣръ, птицамъ, которыя ни одной почти вещи не видятъ одновременно обоими глазами, а для каждаго имѣютъ особое поле зрѣнія, такъ какъ глаза помѣщены по обѣимъ сторонамъ головы [1]).

Душа человѣческая замкнута въ своемъ домѣ, въ головѣ. Она смотритъ на природу черезъ два окошечка—глаза. Хотѣлось бы ей также знать, какой представляется природа черезъ другія окна. Это кажется недостижимымъ. Но любовь къ природѣ изобрѣтательна. И въ этомъ отношеніи кое-что уже достигнуто. Поставивъ передъ собой зеркало, состоящее изъ двухъ плоскихъ зеркалъ, образующихъ большой тупой уголъ, я вижу свое лицо дважды. Въ правомъ зеркалѣ я вижу отраженіе правой стороны лица, а въ лѣвомъ—лѣвой. Такъ, если предо мной стоитъ человѣкъ, то я правымъ глазомъ вижу лицо его больше справа, а лѣвымъ больше слѣва. Но для того, чтобы я видѣлъ это лицо въ двухъ *столь различныхъ* видахъ, какъ въ нашемъ зеркалѣ, мои глаза должны были бы быть удалены другъ отъ друга гораздо больше, чѣмъ это есть въ дѣйствительности [2]). Когда же я правый глазъ скашиваю на изображеніе въ правомъ зеркалѣ, а лѣвый—на изображеніе въ лѣвомъ зеркалѣ, то я похожъ на великана съ огромной головой и далеко отстоящими другъ отъ друга глазами. Этому соотвѣтствуетъ впечатлѣніе, которое производитъ на меня мое лицо. Я вижу его тогда единымъ и тѣлеснымъ. При болѣе продолжительномъ наблюденіи рельефъ отъ секунды къ секундѣ выростаетъ, брови нависаютъ надъ глазами, носъ выростаетъ какъ будто въ длину сапога, усы отходятъ отъ губъ на подобіе фонтана, а зубы отстоятъ



Фиг. 23.

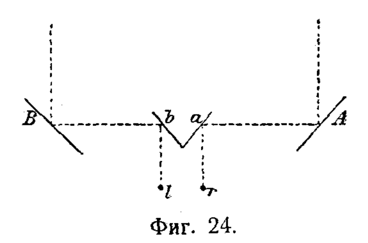
---

[1]) Joh Müller, Vergleichende Physiologie des Gesichtssinnes Leipzig 1826. Стр. 99 и слѣд.

[2]) Здѣсь принимается, что зеркало обращено ко мнѣ вогнутой стороной.

очень далеко отъ губъ. Но самымъ страшнымъ представляется носъ. Я собираюсь взять привилегію на этотъ простой аппаратъ и рекомендовать его испанскому правительству для употребленія въ канцеляріяхъ.

Интересенъ въ этомъ направленіи аппаратъ, предложенный Гельмгольцемъ, телестереоскопъ. Разсматриваютъ какую-нибудь мѣстность, смотря правымъ глазомъ черезъ посредство зеркала *a* въ зеркало *A* и лѣвымъ глазомъ черезъ посредство зеркала *b* въ зеркало *B*. Зеркала *A* и *B* стоятъ далеко другъ отъ друга. И здѣсь мы видимъ далеко отстоящими другъ отъ друга глазами великана. Все представляется въ уменьшенномъ видѣ и ближе. Дальнія горы кажутся покрытыми мохомъ камнями, лежащими у вашихъ ногъ. Между ними вы находите уменьшенную модель города, поистинѣ лилипутъ. Вы могли бы наложить руку на этотъ лѣсъ и на городъ, если-бы не боялись, что васъ уколютъ острые, какъ иголки, шпицы колоколенъ, или что они съ трескомъ сломаются. Лилипуты—не сказка, нужно только смотрѣть глазами Свифта, т. е. въ телестереоскопъ, чтобы ихъ увидѣть.



Фиг. 24.

Представьте себѣ теперь обратный случай! Представимъ себѣ, что мы такъ малы, что можемъ прогуливаться въ лѣсу изъ мха и наши глаза соотвѣтственнымъ образомъ сближены между собой. Мохъ казался бы намъ большими деревьями. По этимъ деревьямъ лазали бы огромные, причудливыхъ формъ, никогда не виданные звѣри. Вѣтки же дуба, у подошвы котораго разстилается тотъ лѣсъ, въ которомъ мы гуляемъ, казались бы неподвижными, темными, вѣтвистыми облаками, стоящими высоко въ небѣ, такъ, какъ, напримѣръ, жителямъ Сатурна представляется, вѣроятно, кольцо Сатурна. На деревьяхъ нашего лѣса мы замѣтили бы какіе-то большіе, блестящіе и прозрачные шары въ нѣсколько футовъ въ діаметрѣ, которые медленно покачиваются отъ вѣтра. Побуждаемые любопытствомъ, мы приближаемся къ нимъ и замѣчаемъ, что эти шары, внутри которыхъ бѣгаютъ какія-то животныя, состоятъ изъ жидкости, что это—вода. Еще одно неосторожное прикосновеніе и—о ужасъ!—какая-то невидимая сила влечетъ мою руку во внутрь шара и удерживаетъ меня тамъ! Это—капля росы проглотила по законамъ капиллярности человѣчка въ отместку за то, что человѣкъ такъ много капель проглатываетъ за завтракомъ. Ты дол-

женъ былъ бы знать, ты, маленькій естествоиспытатель, что при тѣхъ ничтожныхъ размѣрахъ, какія ты теперь имѣешь, нельзя шутить съ капиллярностью [1]).

Ужасъ этого положенія заставляетъ меня опомниться. Я слишкомъ, слишкомъ увлекся своей идилліей. Простите, пожалуйста! Кусочекъ дерна, лѣсъ мху или вереска съ ихъ крошечнымъ населеніемъ представляютъ для меня несравненно большій интересъ, чѣмъ нѣкоторыя литературныя произведенія съ ихъ обожествленіемъ человѣка. Будь у меня талантъ и я писалъ бы повѣсти, то въ нихъ, навѣрное, дѣйствующими лицами были бы не Гансъ и не Гретхенъ. Я не перенесъ бы также своей парочки и въ страну Нила, временъ фараоновъ, хотя все же предпочелъ бы это время нашему. Я долженъ откровенно сознаться, что я ненавижу историческій хламъ, какъ бы онъ ни былъ интересенъ самъ по себѣ, какъ явленіе, потому что его нельзя только наблюдать, а его нужно еще чувствовать, потому что онъ нагло заявляетъ о себѣ неодолѣвный, неизжитый.

Героемъ моей повѣсти былъ бы майскій жукъ, который на пятомъ году своей жизни, когда у него выростаютъ новыя крылья, впервые свободно поднимается въ высь [2]). Право было бы не вредно, если-бы человѣкъ, чтобы побороть свою ограниченность, прирожденную и привитую воспитаніемъ, попытался ознакомиться съ міросозерцаніемъ родственныхъ ему существъ. Онъ научился бы гораздо большему, чѣмъ обыватель какого-нибудь захолустья, который, отправившись въ кругосвѣтное путешествіе, ознакомился съ воззрѣніями другихъ народовъ.

Я водилъ васъ по различнымъ дорогамъ и тропинкамъ, чтобы показать вамъ, куда можно придти, если послѣдовательно прослѣживать одинъ какой нибудь естественно-научный фактъ. Точное изученіе обоихъ глазъ человѣка не только привело насъ къ дѣтству человѣчества, но заставило даже перейти отъ людей къ животнымъ.

Вамъ часто, вѣроятно, приходилось уже слышать, что науки дѣлятся на двѣ части—на гуманитарныя и естественныя науки; первыя требуются, такъ называемымъ, «высшимъ образованіемъ» и рѣзко противополагаются вторымъ.

[1]) См. главу X.

[2]) Поэтъ майскихъ жуковъ за это время нашелся. См. прелестное сочиненіе I. V. Widmann'a „Maikäferkomödie". 1897.

Я долженъ сознаться, что я не вѣрю въ это дѣленіе наукъ. Мнѣ кажется, что въ болѣе зрѣлую эпоху такой взглядъ будетъ считаться столь же наивнымъ, какой намъ кажется не знающая перспективы египетская живопись. Неужели въ самомъ дѣлѣ «высшее образованіе» можно почерпать только изъ нѣсколькихъ древнихъ пергаментовъ и горшковъ, составляющихъ лишь ничтожную частицу природы? Неужели они одни могутъ научить насъ большему, чѣмъ вся остальная природа? На мой взглядъ и тѣ и другія науки являются лишь частями одной и той же науки, только начатыми съ разныхъ концовъ. Если же оба эти конца еще напоминаютъ въ своихъ взаимныхъ отношеніяхъ *Монтекки* и *Капулетти*, если даже ихъ слуги продолжаютъ еще драться между собой, то, мнѣ кажется, они только показываютъ видъ, что не могутъ примириться. Есть уже Ромео у однихъ и Джульетта у другихъ, которые соединятъ оба дома и, будемъ надѣяться, съ менѣе трагическимъ исходомъ.

Филологія начала съ безусловнаго преклоненія предъ греками. Теперь же она распространяетъ свои изысканія уже на другіе языки и начинаетъ заниматься другими народами и ихъ исторіей. Чрезъ посредство сравнительнаго языкознанія она заключаетъ уже, хотя и осторожно, союзъ съ физіологіей.

Естествознаніе начало съ занятія колдовствомъ. Теперь же оно охватываетъ всю органическую и неорганическую природу, а черезъ физіологію языка, черезъ теорію органовъ чувствъ, оно забирается, хотя и нѣсколько нескромно, въ область духовной жизни.

Коротко говоря, мы научаемся кое-что понимать въ насъ самихъ, обращаясь взглядомъ къ внѣшнему міру, и наоборотъ. Каждый объектъ составляетъ предметъ изученія и тѣхъ и другихъ наукъ. Вотъ вы, сударыни, представляете весьма интересныя, безъ сомнѣнія, и трудныя проблемы для психолога. Но вы—и явленія природы, очень милыя. Церковь и государство суть объекты изученія историка, но также и явленія природы и притомъ въ нѣкоторыхъ частяхъ довольно оригинальныя явленія.

Если историческія науки расширяютъ нашъ кругозоръ, знакомя насъ съ воззрѣніями различныхъ народовъ, то въ еще большей мѣрѣ это въ извѣстномъ смыслѣ дѣлаютъ науки естественныя. Заставляя человѣка исчезнуть, потонуть во всеобъемлющемъ цѣломъ природы, онѣ заставляютъ его стать на точку зрѣнія объективную, центръ которой былъ бы внѣ его, заставляютъ его измѣрять вещи другимъ, но не маленькимъ человѣческимъ масштабомъ.

Но если-бы вы меня теперь спросили, для чего же человѣку два глаза, я долженъ былъ бы дать вамъ такой отвѣтъ:

Для того, чтобы онъ могъ наблюдать, какъ слѣдуетъ, природу, для того, чтобы онъ научился понимать, что онъ самъ со своими правильными и неправильными взглядами, со своей haute politique, является лишь преходящимъ явленіемъ природы, что онъ, говоря словами Мефистофеля, есть часть части и что совершенно неосновательно,

Wenn sich der Mensch, die kleine Narrenwelt
Gewöhnlich fur ein Ganzes hält [1]). (Faust).

---

[1]) Когда „..вы мірокъ нелѣпый свой
„Считаете за все, за центръ всего творенья!“
(Переводъ Холодковскаго).

VII.

Симметрія[1]).

Одинъ древній философъ какъ-то сказалъ, что люди, ломающіе голову надъ природою луны, представляются ему похожими на тѣхъ, которые разсуждаютъ о порядкахъ и устройствѣ далекаго города, о которомъ они едва ли слышали что либо, кромѣ имени. Истинный философъ, утверждалъ онъ, долженъ обращаться своимъ взоромъ внутрь себя, онъ долженъ изучить себя и свои понятія о нравственности. Это принесетъ ему дѣйствительную пользу. Этотъ старый рецептъ стать счастливымъ можетъ быть переведенъ на языкъ нѣмецкихъ филистеровъ слѣдующимъ образомъ: сиди на мѣстѣ и добывай свое пропитаніе честнымъ трудомъ.

Если бы этотъ философъ могъ воскреснуть и опять странствовать среди насъ, онъ былъ бы пораженъ, замѣтивъ, что теперь дѣла обстоятъ совсѣмъ не такъ, какъ онъ того хотѣлъ.

Движенія луны и другихъ небесныхъ тѣлъ намъ извѣстны въ точности. Знанія же о движеніяхъ нашего собственнаго тѣла еще далеко не такъ совершенны. Отдѣльныя мѣстности и горы луны нанесены на точныя карты. Физіологи же только еще начинаютъ оріентироваться среди отдѣльныхъ участковъ нашего мозга. Химическія свойства многихъ неподвижныхъ звѣздъ уже изслѣдованы. Химическія же явленія въ тѣлѣ животнаго представляютъ собою вопросы гораздо болѣе сложные и трудные. Mécanique celeste мы уже имѣемъ. Mécanique sociale или mécanique morale, которыя отличались бы такою же точностью, еще нужно написать.

Въ самомъ дѣлѣ, нашъ филисофъ сознался бы, что мы, люди, сдѣлали успѣхи. Но мы не слѣдовали его рецепту. Паціентъ вы-

---

[1]) Лекція, прочитанная въ нѣмецкомъ казино въ Прагѣ зимой 1871 г.

здоровѣлъ, но онъ дѣлалъ чуть ли не прямо противоположное тому, что предписывалъ дѣлать докторъ.

Изъ путешествія по міровому пространству, котораго онъ имъ не совѣтовалъ предпринимать, люди вернулись умнѣе. Познакомившись тамъ, далеко, съ простыми отношеніями крупныхъ величинъ, они начали направлять свой критическій взоръ на свое маленькое безпокойное Я. Нѣсколько странно звучитъ, а между тѣмъ правда, что отъ размышленій о лунѣ мы можемъ перейти къ психологіи. Мы должны были получить простыя и ясныя идеи, чтобы разобраться въ сложномъ, а эти идеи дала намъ главнымъ образомъ астрономія.

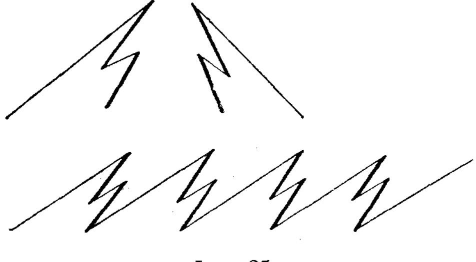
Было бы дерзостью браться здѣсь за описаніе того могучаго научнаго движенія, которое, начавшись въ наукахъ естественныхъ, докатилось до психологіи. Я позволю себѣ только показать вамъ на нѣсколькихъ простѣйшихъ примѣрахъ, какъ, исходя изъ опыта физическаго міра, можно добраться до психологіи и притомъ прежде всего до ближайшаго отдѣла ея, до ученія о чувственномъ воспріятіи. Не можетъ также мое изложеніе служить масштабомъ для современнаго состоянія научныхъ вопросовъ.

Дѣло общеизвѣстное: однѣ вещи намъ нравятся, другія—нѣтъ. Въ общемъ работа по опредѣленному, послѣдовательно проведенному правилу даетъ всегда что-нибудь довольно сносное. Поэтому, мы и въ самой природѣ, которая всегда дѣйствуетъ по опредѣленно установленнымъ правиламъ, мы находимъ множество такихъ вещей, которыя намъ нравятся. Физикъ въ своей лабораторіи каждый день наблюдаетъ самыя прекрасныя фигуры колебаній, такъ называемыя, Хладніевы фигуры, явленія поляризаціи, фигуры, обязанныя своимъ происхожденіемъ преломленію свѣта и т. д.

Всякое правило предполагаетъ повтореніе. Отсюда ясно, что въ возбужденіи пріятнаго впечатлѣнія повтореніе играетъ извѣстную роль. Само собою разумѣется, что этимъ не исчерпывается еще сущность пріятнаго. Къ тому же повтореніе какого-нибудь физическаго процесса только тогда можетъ стать источникомъ чувства пріятнаго, когда оно связано съ повтореніемъ ощущенія.

Доказательства тому, что повтореніе ощущенія можетъ быть пріятно, можно найти въ изобиліи въ тетради чистописанія любого школьника. Всякая фигура, — какъ бы она ни была некрасива взятая въ отдѣльности,—будучи повторена нѣсколько разъ и размѣщена въ рядъ, образуетъ всегда недурной орнаментъ.

Пріятное впечатлѣніе, которое вызываетъ симметрія, тоже основано на повтореніи ощущеній. Остановимся на короткое время на этой мысли, не думая однако исчерпать этимъ сущности пріятнаго или, тѣмъ болѣе, прекраснаго во всей ея полнотѣ.



Фиг. 25.

Составимъ себѣ прежде всего болѣе ясное представленіе о симметріи. Но для этого я предпочитаю живой образъ какому-нибудь опредѣленію. Вы знаете, что зеркальное изображеніе какого-нибудь предмета имѣетъ большое сходство съ предметомъ самимъ. Всѣ отношенія формъ и величинъ остаются тѣми же. И тѣмъ не менѣе между предметомъ и его изображеніемъ въ зеркалѣ существуетъ и извѣстное различіе.

Поднесите правую вашу руку къ зеркалу и вы увидите въ немъ лѣвую руку. Перчатка съ правой руки образуетъ со своимъ отраженіемъ въ зеркалѣ пару; перчатку, которую вы видите въ зеркалѣ, вы могли бы надѣть, будь она вамъ предложена тѣлесно, не на правую, а только на лѣвую руку. Точно такъ же правое ваше ухо, отразившись въ зеркалѣ, представляется лѣвымъ. Принимая все это въ соображеніе, вы легко приходите къ тому выводу, что вообще вся лѣвая половина вашего тѣла можетъ разсматриваться, какъ зеркальное изображеніе правой.

Но на мѣсто отсутствующаго праваго уха вы никогда не можете помѣстить лѣвое, ибо для этого пришлось бы нижнюю часть уха обратить вверхъ, или отверстіе ушной раковины повернуть назадъ. Точно также и зеркальное изображеніе какого-нибудь предмета не можетъ замѣнить самого предмета, несмотря на все равенство формъ ихъ [1]).

Причина этого различія между предметомъ и его изображеніемъ въ зеркалѣ довольно простая. Изображеніе находится какъ будто на такомъ же разстояніи за зеркаломъ, на которомъ предметъ находится впереди зеркала. Поэтому, выдающіяся части предмета, находящіяся нѣсколько ближе другихъ къ зеркалу, и въ отраженіи представляются выдвинувшимися по направленію къ плоскости

---

[1]) Кантъ указывалъ на это по другому поводу въ своихъ Пролегоменахъ ко всякой будущей метафизикѣ.

зеркала. Но, благодаря этому, порядокъ и размѣщеніе частей въ отраженіи оказываются обратными, какъ это лучше всего видно на отраженіи часового циферблата или какой-нибудь рукописи.

Легко замѣтить, что если соединить прямою линіей какую-нибудь точку предмета съ соотвѣтствующей точкой изображенія его въ зеркалѣ, то эта линія будетъ перпендикулярна къ зеркалу и будетъ дѣлиться его плоскостью на двѣ равныя части. Это относится ко всѣмъ точкамъ предмета и его отраженія.

Если же какой-нибудь предметъ можетъ быть раздѣленъ плоскостью на двѣ половины такъ, чтобы одна изъ нихъ могла быть отраженіемъ другой въ раздѣляющей ихъ плоскости, то этотъ предметъ называютъ симметричнымъ, а упомянутую плоскость дѣленія—плоскостью симметріи.

Если плоскость симметріи вертикальна, то говорятъ, что тѣло обладаетъ вертикальной симметріей. Примѣромъ можетъ служить готическій соборъ.

Если же плоскость симметріи горизонтальна, то данный предметъ можно назвать горизонтально-симметричнымъ. Ландшафтъ на берегу озера и его отраженіе въ озерѣ представляютъ собою систему горизонтальной симметріи.

Здѣсь сейчасъ же обнаруживается замѣчательная разница. Вертикальная симметрія готическаго собора сразу бросается намъ въ глаза, между тѣмъ какъ мы можемъ ѣхать вверхъ или внизъ по Рейну, не замѣчая симметріи между предметами, стоящими на берегу, и ихъ отраженіями въ водѣ. Вертикальная симметрія нравится намъ, тогда какъ симметрія горизонтальная для насъ безразлична и можетъ быть замѣчена только опытнымъ глазомъ.

Отчего происходитъ такое различіе? Я думаю, что отъ того, что вертикальной симметріей обусловливается повтореніе одного и того же ощущенія, а горизонтальной—нѣтъ. Что это такъ, я сейчасъ постараюсь доказать.

Разсмотримъ слѣдующія буквы:

d, *b*,

q, *p*.

Матерямъ и учителямъ хорошо извѣстенъ тотъ фактъ, что когда дѣти только еще начинаютъ учиться читать и писать, они постоянно смѣшиваютъ *d* и *b*, и *q* и *p*, но никогда не смѣшиваютъ *d* и *q* или *b* и *p*. Но *d* и *b*, какъ и *q* и *p* суть двѣ половины вертикально симметричной фигуры, тогда какъ *d* и *q*, какъ и *b* и *p*, суть двѣ половины горизонтально симметричной фигуры. Первыя

смѣшиваются, а смѣшиваются обыкновенно такія вещи, которыя возбуждаютъ одинаковыя или сходныя ощущенія.

Среди фигуръ, служащихъ для украшенія сада или салона, часто встрѣчаются фигуры цвѣточницъ, изъ которыхъ одна держитъ корзину съ цвѣтами въ правой рукѣ, а другая въ лѣвой. Если вы недостаточно внимательны, вы постоянно будете смѣшивать эти двѣ фигуры.

Перемѣщеніе справа налѣво большей частью совсѣмъ не замѣчается. Не такъ безразлично глазъ относится къ перемѣщенію сверху внизъ. Перевернутое сверху внизъ человѣческое лицо уже съ трудомъ можетъ быть узнано, и имѣетъ въ себѣ что-то въ высшей степени чуждое. Это происходитъ не только отъ непривычнаго вида, потому что столь же трудно узнать и перевернутую арабеску, а въ этомъ случаѣ привычка не имѣетъ значенія. На этомъ основаны извѣстныя шутки съ портретомъ несимпатичныхъ личностей. Ихъ рисуютъ такъ, что при прямомъ положеніи мы видимъ вѣрное изображеніе лица, перевернувъ же портретъ, узнаемъ одно изъ распространенныхъ животныхъ.

Итакъ, мы установили тотъ фактъ, что обѣ половины вертикально симметричной фигуры очень легко смѣшать и что онѣ, по всей вѣроятности, обусловливаютъ въ высшей степени сходныя ощущенія. Вопросъ, слѣдовательно, въ томъ, почему обѣ половины вертикально симметричной фигуры вызываютъ одинаковыя или сходныя ощущенія. Отвѣтъ на него слѣдующій: потому что нашъ зрительный аппаратъ, состоящій изъ двухъ глазъ, самъ является вертикально симметричнымъ.

Какъ ни похожъ по внѣшности одинъ глазъ на другой, все же они не одинаковы. Правый глазъ человѣка не можетъ стать на мѣсто лѣваго, какъ мы не можемъ замѣнить правое ухо лѣвымъ или правую руку лѣвой. Искусственно можно одинъ глазъ заставить исполнять роль другого и мы тогда очутимся въ новомъ, незнакомомъ намъ мірѣ. Все выпуклое кажется намъ тогда вогнутымъ, а все вогнутое—выпуклымъ, далекое—близкимъ, близкое—далекимъ и т. д.

Лѣвый глазъ—это отраженіе праваго. Свѣточувствительная сѣтчатая оболочка лѣваго глаза во всѣхъ своихъ частяхъ по устройству своему является зеркальнымъ отраженіемъ оболочки праваго глаза.

Хрусталикъ глаза, подобно волшебному фонарю, отбрасываетъ изображеніе предмета на сѣтчатую оболочку. Эту оболочку съ ея

многочисленными нервами вы можете представить себѣ въ видѣ руки съ огромнымъ числомъ пальцевъ, предназначенныхъ для того, чтобы осязать свѣтовой образъ. Нервныя окончанія различны, какъ и пальцы. Обѣ сѣтчатыя оболочки играютъ роль правой и лѣвой осязающей руки.

Вообразите себѣ правую половину буквы Т, т. е. Г. Вмѣсто двухъ сѣтчатыхъ оболочекъ, на которыхъ отпечатлѣвается этотъ образъ, представьте себѣ мои руки, ощупывающія эту фигуру. Когда мы прикасаемся къ ней правой рукой, мы получаемъ другое ощущеніе, чѣмъ при прикосновеніи къ ней лѣвой рукой, потому что имѣютъ здѣсь извѣстное значеніе и мѣста руки, которыми мы дотрагиваемся до фигуры. Если же мы перевернемъ фигуру справа налѣво (˥), то ощущеніе, которое раньше получалось въ правой рукѣ, теперь будетъ получаться въ лѣвой. Ощущеніе повторяется.

Если возьмемъ всю фигуру Т, то правая половина вызоветъ въ правой рукѣ то же самое ощущеніе, которое лѣвая половина вызоветъ въ лѣвой рукѣ и наоборотъ.

Симметричная фигура вызываетъ дважды одно и то же ощущеніе.

Если я переверну букву Т такъ: ⊢, или же возьму половину Т перевернутою верхней своей частью внизъ, т. е. L, то пока положеніе моихъ рукъ не измѣнится существеннымъ образомъ, я не могу уже повторить предыдущихъ наблюденій.

Сѣтчатыя оболочки дѣйствительно сильно напоминаютъ обѣ мои руки. И у нихъ есть какъ бы большіе пальцы, исчисляющіеся, правда, тысячами, и указательные пальцы, опять таки въ числѣ нѣсколькихъ тысячъ, — большіе пальцы, положимъ, ближе къ носу а остальные къ внѣшней сторонѣ.

Надѣюсь, вамъ теперь совершенно ясно, почему пріятное впечатлѣніе, обусловливаемое симметріей, основывается на повтореніи ощущеній, и какъ это впечатлѣніе имѣетъ мѣсто только въ тѣхъ случаяхъ, когда бываетъ повтореніе ощущенія. Этимъ же объясняется и пріятное чувство, вызываемое видомъ правильныхъ фигуръ, предпочтеніе, оказываемое нами прямой линіи, и особенно вертикальной и горизонтальной, передъ всякими другими. Прямая линія въ горизонтальномъ и вертикальномъ положеніи можетъ вызвать на сѣтчатой оболчкѣ обоихъ глазъ одинаковое изображеніе, которое къ тому же падаетъ на симметричныя другъ другу мѣста. На этомъ основано, повидимому, и психологическое предпочтеніе

прямой линіи передъ кривой, а вовсе не на свойствѣ прямой быть кратчайшимъ разстояніемъ между двумя точками. Прямая линія, однимъ словомъ, ощущается, какъ симметричная самой себѣ. То же нужно сказать и о плоскости. Кривую мы воспринимаемъ, какъ отклоненіе отъ прямой, какъ отклоненіе отъ симметріи[1]). Если же и люди, отъ рожденія слѣпые на одинъ глазъ, обладаютъ извѣстнымъ чувствомъ симметріи, то это, конечно, загадка. Правда, оптическое чувство симметріи, хотя и пріобрѣтаемое прежде всего путемъ зрѣнія, не остается ограниченнымъ только одними глазами. По всей вѣроятности, тысячелѣтній опытъ человѣчества привелъ къ тому, что это чувство стало не чуждо и другимъ частямъ организма и потому не можетъ сразу исчезнуть съ потерей одного глаза.

Но въ цѣломъ все это обусловливается, какъ кажется, особымъ устройствомъ нашихъ глазъ. Легко понять, что наши представленія о красивомъ и некрасивомъ должны были бы измѣниться, какъ только наши глаза стали бы иными. Если все наше разсужденіе справедливо, то начинаетъ возбуждать сомнѣнія, такъ называемое, вѣчно прекрасное. Трудно тогда повѣрить, чтобы культура, накладывающая на тѣло человѣка свой неоспоримый отпечатокъ, не измѣняла и представленій его о прекрасномъ. Приходилось же когда-то всему музыкально прекрасному развиваться въ тѣсныхъ рамкахъ пятизвучной гаммы.

Явленіе это—что повтореніе ощущеній пріятно—не ограничивается одной областью видимаго. И музыкантъ и физикъ знаютъ въ настоящее время, что гармоническое или мелодическое присоединеніе одного звука къ другому лишь тогда пріятно, когда новый звукъ воспроизводитъ часть ощущенія, вызваннаго предыдущимъ звукомъ. Когда я къ основному тону присоединяю октаву, то я въ октавѣ слышу часть того, что я слышалъ въ основномъ тонѣ. Подробнѣе останавливаться на этомъ не входитъ однако же въ мои намѣренія. Ограничимся на сегодня только рѣшеніемъ

---

[1]) То обстоятельство, что первое и второе частное производное какой нибудь кривой мы видимъ непосредственно, но высшихъ не видимъ, объясняется весьма просто. Первое выражаетъ положеніе касательной, отклоненіе прямой отъ положенія симметріи, а второе выражаетъ отклоненіе кривой отъ прямой.—Будетъ, пожалуй, не безполезно здѣсь же замѣтить, что въ нашемъ обыкновенномъ испытаніи линейки и плоскихъ пластинъ (накладываніемъ въ обратномъ порядкѣ) мы въ дѣйствительности устанавливаемъ, насколько велико отклоненіе даннаго предмета отъ симметріи къ себѣ самому.

вопроса, существуетъ ли и въ мірѣ звуковъ нѣчто, подобное симметріи фигуръ.

Посмотрите на отраженіе піанино въ зеркалѣ.

Вы легко замѣтите, что такого піанино вамъ въ дѣйствительности видѣть не приходилось: высокіе тоны его находятся слѣва, а низкіе справа. Такихъ піанино не дѣлаютъ.

Если бы вы подошли къ такомъ зеркальному піанино, т. е. устроенному такъ, какъ отраженіе обыкновеннаго піанино въ зеркалѣ, и захотѣли поиграть на немъ такъ, какъ вы это обыкновенно дѣлаете, то вышло бы, очевидно, слѣдуюшее: желая взять одной или двумя нотами выше, вы въ дѣйствительности брали бы такими же нотами ниже. Эффектъ получился бы довольно неожиданный.

Для опытнаго музыканта, привыкшаго при надавливаніи опредѣленныхъ клавишъ слышать и опредѣленные тоны, представляется уже очень странно наблюдать въ зеркалѣ человѣка, играющаго на піанино: ему представляется, что тотъ дѣлаетъ какъ разъ обратное тому, что слышится.

Еще замѣчательнѣе однако былъ бы эффектъ, если бы вы попытались воспроизвести на зеркальномъ піанино цѣлую гармонію. Въ случаѣ мелодіи не безразлично, возьму ли я нотой выше или ниже. Въ случаѣ гармоніи это такой огромной разницы не составляетъ. Я получаю одинаковое созвучіе, присоединяю ли къ основному тону верхнюю или нижнюю терцію. Становится только обратнымъ порядокъ интерваловъ гармоніи.

Дѣйствительно, если мы на зеркальномъ піанино сдѣлаемъ ходъ на Dur, мы услышимъ звукъ на Moll и наоборотъ.

Вопросъ теперь въ томъ, какъ описанные эксперименты осуществить. Вмѣсто того, чтобы играть на піанино, отраженномъ въ зеркалѣ, (что невозможно) или вмѣсто того, чтобы заказать себѣ такое піанино (что стоило бы довольно дорого), мы можемъ произвести свои опыты проще, если поступимъ слѣдующимъ образомъ:

1. Мы играемъ на обыкновенномъ нашемъ піанино, смотря въ зеркало, и затѣмъ на немъ же играемъ то, что мы видѣли въ зеркалѣ. Всѣ болѣе высокія ноты превращаются тогда въ такихъ же размѣровъ болѣе низкія ноты. Мы играемъ тогда одну фразу и вслѣдъ затѣмъ другую, симметричную первой на клавіатурѣ.

2. Помѣстивъ рядомъ съ нотами зеркало, въ которомъ ноты отражаются, мы играемъ, смотря на эти отраженныя ноты. Результатъ получается тотъ же, что и въ предыдущемъ случаѣ.

3. Мы переворачиваемъ ноты и читаемъ ихъ справа налѣво и снизу вверхъ. При этомъ мы всѣ діэзы считаемъ за бемоли и наоборотъ. Кромѣ того, мы можемъ пользоваться здѣсь только басовымъ ключемъ, потому что только при немъ интервалы не измѣняются при симметричной перестановкѣ.



Въ прилагаемыхъ нотахъ изображены примѣры, рисующіе эффектъ этихъ опытовъ. Въ верхней строкѣ приведена одна фраза, а въ нижней—фраза симметрично къ ней перевернутая.

Результатъ нашихъ опытовъ таковъ. Мелодія становится неузнаваемой, гармонія передѣлывается изъ Dur въ Moll или наобо-

ротъ. Этотъ интересный фактъ былъ давно извѣстенъ физикамъ и музыкантамъ, но въ новѣйшее время изученію его вновь далъ извѣстный толчекъ своей работой *Эттингенъ* [1]).

Во всѣхъ приведенныхъ выше примѣрахъ всѣ верхнія ноты были превращены въ нижнія равныхъ размѣровъ, такъ что я вправѣ сказать. что каждой фразѣ соотвѣтствуетъ симметричная ей фраза. Тѣмъ не менѣе ухо не замѣчаетъ никакой симметріи или, по крайней мѣрѣ, очень мало. Единственный намекъ на симметрію, который остается, это обращеніе Dur въ Moll. Симметрія существуетъ здѣсь для ума, но не существуетъ для ощущенія. Для уха нѣтъ симметріи, потому что обратный порядокъ интерваловъ не приводитъ къ повторенію ощущенія. Будь у насъ одно ухо для воспріятія повышенія, а другое для воспріятія пониженія, какъ у насъ есть одинъ глазъ для воспріятія праваго, а другой для воспріятія лѣваго, то существовали бы и симметричныя пьесы. Противоположность Dur—Moll у уха соотвѣтствуетъ противоположности верхняго и нижняго у глаза, а въ этомъ послѣднемъ случаѣ симметрія тоже существуетъ для ума, но не ощущается, какъ таковая.

Для полноты цѣлаго я хотѣлъ бы прибавить еще одно краткое замѣчаніе для части моихъ уважаемыхъ слушателей, свѣдущихъ въ математикѣ.

Наше нотное письмо есть въ сущности графическое изображеніе музыкальнаго произведенія въ формѣ кривыхъ, причемъ время нанесено на абсциссѣ, а логариѳмъ числа колебаній на ординатѣ. Отклоненія нотнаго письма отъ этого принципа или таковы, что они облегчаютъ обзоръ, или имѣютъ какое-нибудь историческое основаніе.

Слѣдуетъ еще замѣтить слѣдующее: ощущеніе высоты тона пропорціонально логариѳму числа колебаній, а разстоянія между клавишами соотвѣтствуютъ разностямъ логарифмовъ чиселъ колебаній. На этомъ основаніи можно сказать, что читаемыя въ зеркалѣ гармоніи и мелодіи въ извѣстномъ смыслѣ симметричны къ своимъ оригиналамъ

Излагая вамъ эти крайне отрывочныя соображенія, я хотѣлъ только дать вамъ почувствовать, что успѣхи естественныхъ наукъ не остались безрезультатными для тѣхъ частей психологіи, которыя

[1]) A. v. Öttingen. Harmoniesystem in dualer Entwickelung. Dorpat. 1866.

не отвернулись отъ нихъ съ пренебреженіемъ, а вступили съ ними въ извѣстную связь. Зато и психологія, какъ бы отдавая естественнымъ наукамъ дань благодарности, начинаетъ въ свою очередь оказывать имъ поддержку.

Тѣ теоріи физики, которыя сводятъ всѣ явленія къ движенію и равновѣсію мельчайшихъ частицъ, т. е. такъ называемыя, молекулярныя теоріи, благодаря успѣхамъ теоріи чувствъ и пространства, уже начинаютъ колебаться и можно сказать, что дни ихъ сочтены.

Я попытался показать въ другомъ мѣстѣ, что рядъ тоновъ есть ничто иное, какъ родъ пространства, но одного только (и притомъ односторонняго) измѣренія. И вотъ, если бы кто-нибудь, который только слышалъ бы, захотѣлъ развить себѣ міровоззрѣніе въ этомъ своемъ линейномъ пространствѣ, онъ много потерялъ бы, ибо его пространство оказалось бы слишкомъ недостаточнымъ для того, чтобы вмѣстить всю многосторонность дѣйствительныхъ отношеній. Но *столь же* неосновательно думать, будто весь міръ, даже и недоступный нашему зрѣнію, можетъ быть сжатъ въ пространство, какимъ его знаетъ глазъ. А именно въ такомъ положеніи находятся всѣ молекулярныя теоріи. Мы обладаемъ однимъ органомъ, болѣе богатымъ, если судить по многосторонности отношеній, которыя онъ можетъ охватить, чѣмъ всѣ другія. Это нашъ разумъ. Этотъ органъ стоитъ надъ нашими чувствами. Только онъ одинъ въ состояніи обосновать точное и достаточное міровоззрѣніе. Механическое міровоззрѣніе сдѣлало со времени *Галилея* огромные успѣхи и совершило многое. Тѣмъ не менѣе ему придется въ настоящее время уступить свое мѣсто взгляду болѣе свободному [1]). Подробнѣе останавливаться на развитіи этой мысли здѣсь не можетъ входить въ мои намѣренія.

Я хотѣлъ только выяснить передъ вами другой пунктъ. Мы выше привели совѣтъ одного философа ограничиваться изслѣдованіемъ ближайшаго и полезнаго. Этотъ совѣтъ находитъ себѣ до извѣстной степени отзвукъ въ призывѣ современныхъ изслѣдователей къ самоограниченію и раздѣленію труда. Вы видите теперь, что не всегда умѣстно слѣдовать этому совѣту. Мы тщетно мучимся, запертые въ своемъ кабинетѣ, надъ разрѣшеніемъ вопроса

---

[1]) Послѣдній самъ собой приведетъ къ тому, что будутъ выражать взаимную зависимость между явленіями природы не пространственно и временно, а въ однихъ численныхъ отношеніяхъ. См. мою замѣтку въ журналѣ Fichtes Zeitschrift für Philosophie 1866. См. также статью XIII.

въ то время, какъ средства для этого рѣшенія лежатъ, можетъ быть, за его порогомъ.

Если изслѣдователь и вправду *долженъ* быть сапожникомъ, знающимъ только свои колодки, то онъ *обязанъ*, по крайней мѣрѣ, быть такимъ сапожникомъ, какъ *Гансъ-Саксъ*, напримѣръ, который не брезгуетъ взглянуть и на работу сосѣда, чтобы высказать о ней свое мнѣніе. Пусть это и мнѣ послужитъ извиненіемъ, если я сегодня позволилъ себѣ отвлечься отъ своихъ колодокъ, чтобы посмотрѣть въ сторону [1]).

---

[1]) Дальнѣйшее развитіе обсуждаемыхъ здѣсь проблемъ см. въ моей книгѣ „Анализъ ощущеній". И *Сорэ* въ своей книгѣ „Sur la perception du beau" разсматриваетъ повтореніе, какъ принципъ эстетики. Разсужденія *Сорэ* по эстетикѣ гораздо обширнѣе моихъ, но въ отношеніи психологическаго и физіологическаго обоснованія принципа мои мысли мнѣ кажутся глубже.—Изложенныя здѣсь мысли были впервые высказаны въ слѣдующей главѣ VIII.

VIII.

Къ ученію о пространственномъ зрѣніи[1]).

По *Гербарту* пространственное зрѣніе основано на рядахъ воспроизведенныхъ представленій. Если это вѣрно, то имѣютъ же здѣсь, разумѣется, существенное значеніе величины остатковъ, съ которыми представленія сливаются. Далѣе, сліянія должны происходить раньше, чѣмъ они замѣчаются, и кромѣ того имѣютъ извѣстное значеніе при ихъ образованіи условія торможенія. На этомъ основаніи можно сказать, что, если не считать случайнаго порядка, въ которомъ представленія бываютъ *даны*, то при пространственномъ воспріятіи все зависитъ отъ противоположныхъ и родственныхъ чертъ, коротко отъ *качествъ* представленій, образующихъ ряды.

Сопоставимъ эту теорію со спеціальными фактами.

1. Если для возникновенія пространственнаго воспріятія необходимы только скрещивающіеся ряды съ направленіемъ впередъ и назадъ, то почему мы не находимъ аналогій имъ въ другихъ чувствахъ?

2. Почему мы измѣряемъ разноцвѣтное, пестрое *однимъ* пространственнымъ масштабомъ? Какъ мы узнаемъ разноцвѣтное равной величины? Откуда мы вообще беремъ пространственный масштабъ и что онъ такое?

3. Почему равныя разноцвѣтныя фигуры воспроизводятъ другъ друга и распознаются, какъ равныя?

---

[1]) Статья эта служитъ для историческаго освѣщенія предыдущей статьи и была впервые напечатана въ журналѣ *Фихте* «Zeitschrift für Philosophie 1865.

Будетъ и этихъ затрудненій! *Гербартъ* при помощи своей теоріи разрѣшить ихъ не могъ. Человѣкъ безпристрастный сейчасъ же замѣтитъ, что его «торможеніе изъ-за фигуры» и «ускореніе изъ-за фигуры» — вещи просто невозможныя. Вспомнимъ примѣръ *Гербарта* съ красными и черными буквами.

Содѣйствіе сліянію есть, такъ сказать, паспортъ, выданный на имя и личность представленія. Представленіе, слитое съ какимъ-нибудь другимъ представленіемъ, не можетъ воспроизводить всѣхъ другихъ качественно различныхъ представленій просто потому, что и они *равнымъ образомъ* слиты между собою. Два качественно различныхъ ряда воспроизводятъ другъ друга, навѣрное, не потому, что они изображаютъ тотъ же послѣдовательный рядъ степеней сліянія.

Разъ твердо установлено, что воспроизводится только одновременное и равное—а въ этомъ принципѣ гербартовской психологіи не усомнится ни одинъ, даже самый точный эмпиристъ—то ничего другого не остается, какъ видоизмѣнить теорію пространственнаго воспріятія или изобрѣсти указаннымъ здѣсь образомъ новый принципъ, на что врядъ ли кто рѣшится: новый принципъ произвелъ бы страшнѣйшую сумятицу во всей психологіи.

Какъ же слѣдуетъ видоизмѣнить теорію? Врядъ ли кто усомнится, какъ это слѣдуетъ сдѣлать, принимая во вниманіе факты и слѣдуя собственнымъ принципамъ *Гербарта*. Если двѣ разноцвѣтныя равныя фигуры воспроизводятъ другъ друга и распознаются, какъ равныя, то это возможно только благодаря качественно *равнымъ* представленіямъ, содержащимся въ обоихъ рядахъ представленій. Цвѣта различны. Ясно, что съ цвѣтами должны быть связаны независимыя отъ нихъ равныя представленія. Долго искать ихъ не приходится: это — равныя послѣдствія мышечныхъ чувствъ глаза при воспріятіи обѣихъ фигуръ. Можно сказать, что пространственное зрѣніе получается тогда, когда свѣтовыя ощущенія располагаются въ скалу градуированныхъ мышечныхъ ощущеній [1]).

Сдѣлаемъ еще нѣсколько замѣчаній, выясняющихъ вѣроятную роль мышечныхъ ощущеній. Мышечный аппаратъ *одного* глаза несимметриченъ. Оба глаза вмѣстѣ образуютъ систему вертикальной симметріи. Уже отсюда кое-что выясняется.

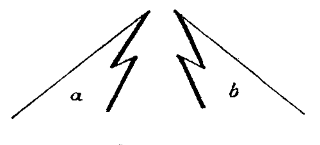
1. *Положеніе* фигуры вліяетъ на видъ ея. Въ зависимости отъ

[1]) См. Cornelius, Ueber das Sehen—Wundt, Theorie der Sinneswahrnehmung.

этого положенія вызываются при взглядѣ на фигуру различныя мышечныя ощущенія и впечатлѣніе получается различное. Чтобы узнавать перевернутыя буквы, необходимъ довольно большой опытъ. Лучшимъ доказательствомъ этому служатъ буквы d, b, p, q: онѣ изображаютъ одну и ту же фигуру въ различныхъ положеніяхъ и тѣмъ не менѣе запоминаются, какъ различныя [1]).

2. Отъ внимательнаго наблюдателя не ускользнетъ тотъ фактъ, что по тѣмъ же причинамъ имѣетъ еще извѣстное вліяніе даже при одной и той же фигурѣ и въ томъ же положеніи фиксаціонная точка. Кажется, какъ будто фигура измѣняется *въ то время*, какъ ее разсматриваютъ. Если въ правильномъ восьмиугольникѣ послѣдовательно соединять первый уголъ съ четвертымъ, четвертый съ седьмымъ и т. д., постоянно пропуская два угла, можно получить восьмиугольную звѣзду. Смотря по тому, какъ мы будемъ ее фиксировать, фигура эта будетъ получать то болѣе архитектурный, то болѣе свободный характеръ. Вертикальныя и горизонтальныя линіи воспринимаются всегда иначе, чѣмъ косыя.

3. Мы предпочитаемъ, какъ извѣстно, вертикальную симметрію, какъ нѣчто особое, между тѣмъ какъ горизонтальной симметріи мы непосредственно даже не замѣчаемъ. Объясняется этотъ фактъ вертикальной симметріей мышечнаго аппарата нашего глаза. Лѣвая половина *a* вертикально симметричной фигуры вызываетъ въ лѣвомъ глазѣ тѣ же мышечныя чувства, что и правая половина b въ правомъ. Пріятный характеръ симметріи имѣетъ свое основаніе *прежде всего* въ повтореніи мышечныхъ чувствъ. Что здѣсь происходитъ повтореніе, которое можетъ привести даже къ смѣшенію, доказываетъ вмѣстѣ съ теоріей фактъ, извѣстный всякому, quem dii oderunt, а именно, что дѣти часто переворачиваютъ фигуры справа налѣво (но никогда сверху внизъ); такъ, напримѣръ, они долго пишутъ ε вмѣсто 3, пока, наконецъ, не замѣтятъ ничтожной разницы. А что повтореніе мышечныхъ чувствъ можетъ быть пріятно, доказываетъ *c* на фигурѣ 27. Нетрудно замѣтить, что вертикальныя и горизонтальныя прямыя вызываютъ сходныя явленія



Фиг. 26.

Фиг. 27.

[1]) См. Mach, Ueber das Sehen von Lagen und Winkeln, Sitzungsb. der Wiener Academie. 1861.

въ симметричныхъ фигурахъ, но дѣло сейчасъ же мѣняется, какъ только направленіе линіи становится косымъ. Для сравненія слѣдуетъ вспомнить, что говоритъ *Гельмгольцъ* о повтореніи и совпаденіи обертоновъ.

Я позволю себѣ связать со сказаннымъ здѣсь замѣчаніе болѣе общаго характера. Это—общераспространенное явленіе въ психологіи, что извѣстные ряды представленій, качественно совершенно различные, взаимно пробуждаютъ другъ друга, взаимно воспроизводятъ другъ друга и въ извѣстномъ отношеніи все же являются намъ, какъ равные или сходные. Мы говоримъ тогда о такихъ рядахъ, что они равной или сходной формы; полученное абстракціей равенство мы называемъ *формой*.

1. О фигурахъ пространственныхъ мы уже говорили.

2. Мы называемъ двѣ мелодіи равными, когда онѣ изображаютъ тотъ же послѣдовательный рядъ *отношеній* высотъ тоновъ, какъ бы ни была различна абсолютная высота тона. Мы можемъ выбрать мелодіи такъ, чтобы въ нихъ и двухъ обертоновъ звуковъ не было общихъ. Тѣмъ не менѣе мы узнаемъ мелодіи, какъ равныя. Болѣе того, форму мелодіи мы даже легче замѣчаемъ и легче ее потомъ узнаемъ, чѣмъ тонъ (абсолютную высоту тона), въ которомъ она была играна.

3. Какъ бы ни были различны во всемъ остальномъ двѣ мелодіи, мы узнаемъ въ нихъ равный ритмъ. Мы замѣчаемъ и узнаемъ ритмъ даже легче, чѣмъ абсолютную продолжительность времени (темпъ).

Этихъ примѣровъ достаточно. Во всѣхъ этихъ, какъ и во всѣхъ подобныхъ случаяхъ узнаваніе и равенство не основаны на качествахъ представленій, ибо эти качества различны. Съ другой же стороны узнаваніе, согласно принципамъ психологіи, возможно же только въ случаѣ представленій равнаго качества. Остается, слѣдовательно, одинъ выходъ: мы представляемъ себѣ качественно неравныя представленія двухъ рядовъ связанными съ какими либо другими представленіями, качественно равными.

Какъ въ случаѣ равныхъ разноцвѣтныхъ фигуръ должны быть возбуждены *равныя* мышечныя чувства, чтобы эти фигуры были узнаны, какъ равныя, такъ въ основѣ и всѣхъ формъ вообще,

можно даже сказать всѣхъ абстракцій, должны лежать представленія своеобразнаго качества. Это относится не только къ пространству и фигурѣ, но и въ равной мѣрѣ ко времени и ритму, высотѣ тона, формѣ мелодіи, интенсивности и т. д. Но откуда брать психологіи всѣ эти качества? Объ этомъ заботиться нечего! Они найдутся всѣ, какъ нашлись же мышечныя ощущенія для теоріи пространства. Организмъ покуда достаточно еще богатъ для того, чтобы покрывать въ этомъ направленіи издержки психологіи, и пора, наконецъ, серьезно подумать о «тѣлесномъ резонансѣ», о которомъ столь охотно говоритъ психологія.

Различныя психическія качества, повидимому, находятся между собой въ очень тѣсной связи. Спеціальныя изслѣдованія относительно этого, какъ и доказательство, что это замѣчаніе можетъ быть использовано въ физикѣ, будутъ изложены впослѣдствіи [1]).

---

[1]) См. Mach, Zur Theorie des Gehörorgans, Sitzungsber. der Wiener Acad. 1863. Ueber einige Erscheinungen der physiolog. Akustik, Ibid. 1864.

IX.

Научныя примѣненія фотографіи и стереоскопіи [1]).

Я занялся однажды изслѣдованіемъ того эффекта, который вызываютъ на сѣтчатой оболочкѣ глаза пространственно раздѣленныя свѣтовыя раздраженія. Результаты этого изслѣдованія могутъ найти примѣненіе въ физіологической оптикѣ и для конструкціи тѣней въ начертательной геометріи. Работая надъ этимъ изслѣдованіемъ, я чувствовалъ потребность создать себѣ неизмѣнныя поверхности, интенсивность свѣта которыхъ измѣнялась бы отъ мѣста къ мѣсту, согласно какому-нибудь закону. Я получилъ ихъ такимъ образомъ: закрасивъ черными и бѣлыми секторами любой формы различные диски и цилиндры, я привелъ ихъ во вращательное движеніе и такимъ образомъ сфотографировалъ ихъ, убѣдившись предварительно фотометрическимъ изслѣдованіемъ въ томъ, что такія вращающіяся тѣла по тому же закону дѣйствуютъ на фотографическую бумагу, который *Плато* установилъ для дѣйствія ихъ на сѣтчатку [2]).

Согласно этому закону, фотографическій эффектъ въ любомъ мѣстѣ изготовленной и подставленной подъ свѣтъ пластинки зависитъ только отъ времени и интенсивности освѣщенія и имъ почти пропорціоналенъ. Можно, поэтому, уже a priori ожидать, что *покуда ни одна точка на пластинкѣ не использована совсѣмъ, многія изображенія, послѣдовательно падающія на эту пластинку,*

---

[1]) Статья эта была напечатана въ Sitzungsberichte der Wiener Academie math.-naturw. Kl. II. Abt. Juni 1866 и здѣсь служитъ для дополненія статьи VI.

[2]) Эти теоретическія разсужденія навели меня на мысль объ этихъ опытахъ раньше, чѣмъ мнѣ стали извѣстны тѣ относящіеся сюда факты, которые фотографамъ-практикамъ, естественно, легко могли случайно броситься въ глаза.

просто суммируются и накладываются другъ на друга, какъ элементарныя движенія [1]). Въ извѣстныхъ случаяхъ, болѣе подробное обозначеніе которыхъ здѣсь не требуется, глазъ можетъ воспринять эти изображенія каждое въ отдѣльности. Линейные чертежи различнаго цвѣта или различной яркости хорошо различаются даже тогда еще, когда они лежатъ въ *одной* плоскости.

Приведенныя замѣчанія образуютъ научную основу для метода примѣняемаго для фотографическаго изображенія, такъ называемыхъ, духовъ.

Я нашелъ этому и другое еще примѣненіе. Хотя оно и напрашивается само собой, я все же долженъ считать его совершенно новымъ, ибо ни въ литературѣ, ни изъ устныхъ разспросовъ у спеціалистовъ мнѣ ничего о немъ не удалось узнать. Я фотографирую стереоскопически какое-нибудь тѣло, напримѣръ, кубъ, и во время операціи ставлю на мѣсто него другое тѣло, напримѣръ, тетраэдеръ. Я вижу тогда въ стереоскопическомъ изображеніи оба тѣла прозрачными и пересѣкающими другъ друга.

И этого результата эксперимента можно ожидать a priori. Ибо общеизвѣстно, что если ничѣмъ не покрытую плоскую стеклянную пластинку помѣстить между двумя тѣлами, между кубомъ и тетраэдромъ, напримѣръ, то можно получить тотъ эффектъ, будто оба тѣла прозрачны и могутъ пересѣкать другъ друга. Такимъ образомъ, даже мельчайшія детали обоихъ тѣлъ не мѣшаютъ другъ другу въ ихъ воздѣйствіи на глазъ, если только изображенія ихъ на сѣтчаткѣ соотвѣтствуютъ различнымъ точкамъ пространства. Для фотографіи же безразлично, падаютъ ли оба изображенія одно вслѣдъ за другимъ на одну и ту же пластинку, или одновременно: они всегда суммируются. Отношеніе же глазъ къ такому стереоскопическому изображенію просто объясняется *борьбой полей зрѣнія*. Оба изображенія моментально фиксированной точки въ пространствѣ побѣждаютъ всѣ остальныя, потому что они очень сходны и не даютъ повода ни къ какой борьбѣ.

Помощь, которую оказываютъ такія стереоскопическія изображенія при изученіи стереометріи, начертательной геометріи и геометріи *Штейнера*, непосредственно очевидна. Трехсторонняя призма, распадающаяся на три равныя пирамиды, ни чертежемъ на плоскости, ни при помощи модели не можетъ быть представлена такъ

---

[1]) Такимъ же образомъ можно теоретически конструировать прекрасныя образцовыя поверхности для конструкціи тѣней въ начертательной геометріи.

наглядно, какъ при помощи прозрачнаго стереоскопическаго изображенія. Чтобы изобразить въ начертательной геометріи пересѣченія конусовъ, цилиндровъ и косыхъ поверхностей, пришлось бы передъ стереоскопическимъ аппаратомъ просто двигать нити или проволоки такъ, чтобы были послѣдовательно описаны всѣ поверхности, которыя должны пересѣчься.

Очень хорошіе результаты получаются, если освѣщать непостояннымъ, прерывистымъ свѣтомъ движущіяся нити въ темномъ помѣщеніи. Вы закрываете ставни въ комнатѣ и у отверстія въ ставнѣ помѣщаете вращающійся дискъ съ вырѣзами.

Очень полезенъ этотъ методъ для изображенія машины въ различныхъ видахъ. Вы стереоскопически фотографируете машину, прерываете операцію, чтобы удалить нѣкоторыя части машины, закрывающія другія части, и продолжаете фотографировать на той же неизмѣненной пластинкѣ. Такой видъ машины часто приноситъ больше пользы, чѣмъ перспективное изображеніе, или изображенія въ проекціи, или даже модель. Что можно стереоскопически фотографировать и вращающіяся тѣла, ясно уже изъ предыдущаго само собой.

Всѣ сдѣланные мной до сихъ поръ опыты давали такіе прекрасные результаты, что можно надѣяться, что методъ этотъ дастъ прекрасные результаты и при изображеніи анатомическихъ препаратовъ [1]). Будемъ, напримѣръ, фотографировать височную кость и помѣстимъ во время операціи фотографированія на соотвѣтственномъ мѣстѣ слѣпокъ съ полостей слухового органа; мы тогда увидимъ въ стереоскопическомъ изображеніи височную кость прозрачной и въ немъ полости слухового органа.—Многократнымъ фотографированіемъ можно получить даже стереоскопическое изображеніе конечностей, въ которомъ были бы видны кости, нервы, кровеносные сосуды и мышцы—всѣ прозрачные и проникающіе другъ друга и замкнутые въ прозрачную кожу. Всего этого ни одинъ аппаратъ давать не можетъ. Уступаетъ такому изображенію даже прозрачная модель, потому что мѣшаетъ въ ней свѣтопреломленіе средъ. Однимъ словомъ нѣтъ ничего, что могло бы дать хирургу столь яркое и незабываемое изображеніе, какъ изображеніе стереоскопическое.

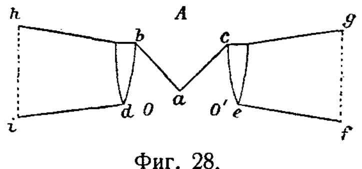
---

[1]) Во время печатанія настоящей замѣтки я узналъ, что *Брьюстеру* удалось получить стереоскопическія изображенія духовъ. Но никому, повидимому, не удалось еще сфотографировать такимъ образомъ анатомическіе препараты. (Brewster, the osterescope, стр. 175, 205).

Всѣ эти ожиданія кажутся, можетъ быть, нѣсколько идиллическими, а между тѣмъ они были почти превзойдены еще результатомъ единственнаго опыта, который мнѣ удалось до сихъ поръ произвести съ анатомическимъ препаратомъ. Былъ взятъ человѣческій черепъ съ отпиленной крышкой и сфотографированъ съ крышкой и безъ нея. И вотъ въ стереоскопическомъ изображеніи была видна прозрачная крышка черепа, въ которой очень ясно и пластически выступали всѣ детали, а сквозь нее столь же ясно виднѣлось основаніе черепа. Картина получилась поистинѣ классическая. Я имѣю честь одновременно съ этимъ предложить вниманію высокой академіи и это изображеніе [1]).

Есть еще другое примѣненіе *стереоскопа*, которое само собой напрашивается, хотя до сихъ поръ и не было еще осуществлено: это для оцѣнки или измѣренія пространственныхъ величинъ. Если поставить рядомъ съ любымъ тѣломъ проволочную модель кубическаго фута, раздѣленнаго на кубическіе дюймы, и между ними помѣстить ничѣмъ не покрытую плоскую стеклянную пластинку, то кажется, будто кубическій футъ пересѣкаетъ это тѣло и нетрудно этимъ способомъ опредѣлить размѣры тѣла.

Нѣчто подобное должно получиться, если смотрѣть въ пространство сквозь такую модель, стереоскопически отображенную на стеклѣ. Кажется тогда, что предметы пересѣкаются этой моделью. Здѣсь есть небольшое затрудненіе, которое можетъ быть, впрочемъ, устранено. Чечевицы стереоскопа должны дѣйствовать только на изображеніе масштаба, но не на предметы въ пространствѣ. Достигается это слѣдующимъ устройствомъ аппарата, иллюстрируемымъ на прилагаемомъ рисункѣ.



Фиг. 28.

Двѣ ничѣмъ непокрытыя плоскія пластинки изображены въ разрѣзѣ линіями *ab* и *ac*, *bd* и *ec* изображаютъ чечевицы, примыкающія къ коробкамъ *bhid* и *cgfe*, которыя заканчиваются стеклянными пластинками *hi* и *gf*, несущими стереоскопическія изображенія нашей модели. Когда оба глаза O и O' смотрятъ сквозь пластинки *ab* и *ac* въ пространство A, то въ нихъ вполнѣ одновременно отражаются чечевицы и стереоско-

---

[1]) Съ тѣхъ поръ мнѣ удалось при помощи четырехъ снимковъ получить очень хорошую и поучительную стереоскопическую прозрачную картину всего слухового органа.

пическія изображенія, и получается тотъ же самый эффектъ, будто не стереоскопическія изображенія, но предметы въ пространствѣ A были видны черезъ чечевицы. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ было бы цѣлесообразно соединить этотъ аппаратъ съ *телестереоскопомъ* [1]).

---

[1]) [Прошло болѣе тридцати лѣтъ прежде, чѣмъ высказанная здѣсь съ полной ясностью идея нашла примѣненіе въ техникѣ. Едва ли достаточное примѣненіе нашли также прозрачныя стереоскопическія изображенія, изготовленіе которыхъ въ нѣкоторыхъ случаяхъ въ столь значительной мѣрѣ облегчается великимъ открытіемъ *Рентгена*. См. мою статью „On the stereoscopic application of Roentgens rays" (The Monist, Aprtl 1896). По нѣмецки она была напечатана, исправленная отъ ошибокъ перевода, въ 1896 г. въ журналѣ Wiener elektrotechnische Zeitshrift. 1902].

X.

Къ вопросу о научномъ примѣненіи фотографіи [1].

Никто не станетъ оспаривать того, что всякое научное познаніе исходитъ изъ *чувственнаго* воззрѣнія. Нѣтъ также надобности долго останавливаться здѣсь на выясненіи того, какимъ образомъ чувственное воззрѣніе находитъ поддержку въ графическихъ искусствахъ вообще и въ *фотографіи* (со включеніемъ стереоскопіи) въ особенности.

Но графическія искусства могутъ весьма значительно *увеличить силу* чувственнаго воззрѣнія и весьма *расширить* еще *область* его вѣдѣнія. Когда мы собрали большое число данныхъ физическаго наблюденія, то мы, правда, почерпали ихъ изъ прямого чувственнаго воззрѣнія, но это послѣднее было связано и не могло не быть связано съ *единичнымъ* явленіемъ. Но сколь же великими становятся богатство, ширь, сгущеніе воззрѣнія, когда мы изобразимъ совокупность всѣхъ данныхъ наблюденія въ одной *кривой*! И въ какой мѣрѣ этимъ облегчается интеллектуальное использованіе этихъ данныхъ! Регистрирующіе аппараты и методы регистраціи находятъ примѣненіе въ физикѣ, въ метеорологіи, почти во всѣхъ естественныхъ наукахъ и часто находитъ при этомъ примѣненіе и фотографія. Кому не извѣстно, какое содѣйствіе оказалъ развитію методовъ регистраціи *Марей*?

Даже въ случаяхъ, въ которыхъ непосредственное чувственное воззрѣніе ничего сдѣлать не можетъ, могутъ быть соотвѣтственными средствами открыты для него и для графическихъ искусствъ новыя области. *Микроскопъ* и примѣненія его, основанныя главнымъ

---

[1]) Статья эта была напечатана въ Eders Jahrbuch für Photographie (1888) и напечатана въ дополненіе статей V и VI.

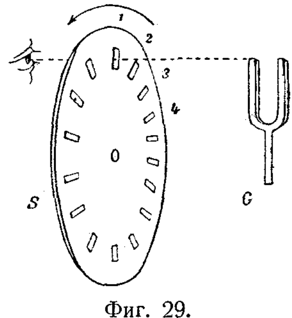
образомъ на *принципѣ увеличенія пространства*, вызываютъ всеобщее удивленіе. Рѣже задумываются надъ тѣмъ, сколь важенъ принципъ противоположный, принципъ *уменьшенія пространства*. Непосредственнымъ чувственнымъ воззрѣніемъ, самыми дальними путешествіями, мы никогда не могли бы составить себѣ яснаго представленія о распредѣленіи моря и суши на нашей землѣ, не могли бы просто потому, что объектъ слишкомъ великъ для нашего поля зрѣнія и потому допускаетъ лишь трудное объединеніе въ нашемъ умѣ отдѣльныхъ частей въ одно цѣлое. *Карта* же сжимаетъ картину всей земли въ наше поле зрѣнія. Что все географическое *описаніе* Ливіи очевидцемъ *Геродотомъ* въ сравненіи съ представленіемъ школьника, имѣющаго предъ собой карту Африки!

Отдѣльныя фазы какого-нибудь движенія, протекающаго слишкомъ быстро для того, чтобы мы могли воспринять ихъ непосредственнымъ воззрѣніемъ, мы фиксируемъ при помощи *моментальной фотографіи* и можемъ тогда демонстрировать ихъ передъ нашимъ воззрѣніемъ съ любомъ темпѣ. Доказательствами этого, иллюстрирующими также принципъ увеличенія времени, находящій въ нихъ примѣненіе, могутъ служить работы *Аншютца*, анализъ полета птицъ у *Марея*, мгновенныя изображенія летящихъ пуль вмѣстѣ съ вызванными движеніями воздуха и т. п.

Когда приходится имѣть дѣло съ движеніями *періодическими*, то можно пользоваться, такъ называемымъ, *стробоскопическимъ* методомъ, тоже основаннымъ на принципѣ увеличенія времени и допускающимъ, разумѣется, и примѣненіе фотографіи. Движенія колеблющагося камертона G, напримѣръ, совершающаго 100 колебаній въ секунду, не поддаются непосредственному наблюденію вслѣдствіе слишкомъ большой своей скорости. Но будемъ смотрѣть на камертонъ сквозь отверстія въ дискѣ S, вращающемся съ такой скоростью, что передъ глазомъ проходитъ сто отверстій въ секунду. Мы видимъ тогда камертонъ всегда по окончаніи одного колебанія, всегда въ *одной и той же* фазѣ и потому какъ будто въ покоѣ. Если же дискъ вращается съ такой скоростью, что передъ глазомъ проходятъ въ секунду только 99 отверстій, то въ то время, какъ мѣсто отверстія 1 занимаетъ отверстіе 2, камертонъ совершаетъ одно колебаніе и почти еще $^1/_{100}$ (точно $^1/_{99}$). Когда мы смотримъ сквозь отверстіе 3, камертонъ подвинулся на $^2/_{99}$ одного колебанія и т. д; послѣ того, какъ дискъ перемѣстится на 99 отверстій (не считая перваго), т. е. по истеченіи одной секунды, камертонъ совершитъ

точно *какъ будто одно* колебаніе, между тѣмъ какъ въ дѣйствительности онъ совершитъ сто колебаній. Такимъ образомъ *время увеличится* для наблюдателя въ сто разъ. Спеціалисту нѣтъ надобности разсказывать, какъ при помощи стробоскопическаго метода могутъ быть получены моментальныя изображенія, которыя на стробоскопическомъ барабанѣ могутъ быть примѣнены для медленнаго воспроизведенія движенія, вслѣдствіе быстроты своей не поддающагося непосредственному воспріятію (см. Mach, optisch-akustiche Versuche. Die spektrale und stroboskopische Untersuchung tönender Körper. Prag, Calve 1873).

Не можетъ ли имѣть извѣстную цѣнность и принципъ *уменьшенія времени*? Дѣйствительно, представимъ себѣ, что мы фиксируемъ на фотографическихъ снимкахъ различныя стадіи роста растенія [1]), или развитія какого-нибудь зародыша, или члены родового дерева животныхъ, даннаго *Дарвинымъ*, и затѣмъ демонстрируемъ ихъ въ быстро смѣняющихся «туманныхъ картинахъ». Какое впечатлѣніе это должно произвести вообще, и какой мощный толчекъ это должно дать нашему интеллектуальному развитію. Картины изъ жизни человѣка отъ колыбели черезъ различныя стадіи его развитія вплоть до упадка всѣхъ силъ его въ старческомъ возрастѣ, — картины, продемонстрированныя въ теченіе нѣсколькихъ секундъ,—должны оказать мощное эстетическое и этическое дѣйствіе.



Фиг. 29.

Что при этомъ передъ нами открылись бы новыя перспективы, освѣщенныя свѣтомъ познанія, врядъ ли кто-нибудь усомнится. Развѣ понадобился бы такой умъ, какъ *Кеплеръ*, чтобы догадаться, что планеты движутся вокругъ солнца по эллипсамъ, если бы это движеніе могло быть пространственно и временно уменьшено и наглядно представлено, такъ сказать, въ модели? Интеллектуально добиться этого познанія частями на основаніи отдѣльныхъ данныхъ наблюденія было, конечно, труднѣе.

Можетъ быть, эти замѣчанія послужатъ къ укрѣпленію того убѣжденія, что затронутые здѣсь вопросы представляютъ не только практическій и промышленный, но и *философскій* интересъ.

---

[1]) Практически попытка изображенія такимъ образомъ роста растенія была осуществлена моимъ сыномъ, докторомъ медицины *Людвигомъ Махомъ*. См. его статью: Ueber das Princip der Zeitverkürzung in der Serienphotographie". (Scoliks photogr. Rundschau, April 1893)—1902).

XI.

Объ основныхъ понятіяхъ электростатики.

(Количество электричества, потенціалъ, электроемкость и т. д.) [1]).

Задача настоящей лекціи развить передъ вами, въ общепонятной формѣ, основныя количественныя понятія электростатики—количества электричества, потенціала и электроемкости. Было бы нетрудно, даже въ теченіе одного часа, занять глаза множествомъ красивыхъ опытовъ, и увлечь фантазію разнообразными представленіями. Но до яснаго и легкаго общаго обзора фактовъ было бы тогда еще очень далеко. У насъ не было бы еще средства для того, чтобы точно воспроизводить факты въ мысляхъ, что имѣетъ одинаково важное значеніе, какъ для теоретика, такъ и для практика. Средство это—именно основныя понятія ученія объ электричествѣ.

Покуда въ какой-нибудь области работаютъ лишь немногіе изслѣдователи въ одиночку, покуда каждый опытъ легко можетъ быть повторенъ, достаточно фиксировать накопленный опытъ какимъ-нибудь поверхностнымъ описаніемъ. Другое дѣло, когда каждому приходится пользоваться опытомъ многихъ, какъ это бываетъ, когда наука получаетъ широкую основу, и въ особенности, когда она начинаетъ давать пищу какой-нибудь важной отрасли техники и, наоборотъ, черпать сама въ широкихъ размѣрахъ опытъ въ жизни практической. Тогда факты должны быть такъ описаны, чтобы всякій и повсюду могъ точно сложить ихъ въ мысляхъ изъ немногихъ, легко достижимыхъ элементовъ и послѣ этого описанія

---

1) Лекція, прочитанная на интернаціональной выставкѣ электрическихъ аппаратовъ въ Вѣнѣ 4 сентября 1883 года.

воспроизводить ихъ; происходитъ это съ помощью основныхъ понятій и интернаціональныхъ мѣръ.

Начатая въ этомъ направленіи работа въ періодъ чисто научнаго развитія и именно *Кулономъ* (1784), *Гауссомъ* (1833) и *Веберомъ*, получила мощный толчекъ къ дальнѣйшему своему развитію въ потребностяхъ великихъ техническихъ предпріятій,— потребностяхъ, которыя особенно дали себя почувствовать со времени прокладки перваго трансантлатическаго кабеля. Дѣло это было блестяще доведено до конца работами Британской Ассоціаціи (1861) и Парижскаго Конгресса (1881) и въ особенности стараніями *Уильяма Томсона* (лорда Кельвина).

Само собою разумѣется, что я не могу въ отмѣренное мнѣ время повести васъ по всѣмъ тѣмъ длиннымъ и извилистымъ тропинкамъ, которыми шло въ дѣйствительности развитіе науки. Невозможно, разумѣется, при каждомъ шагѣ напоминать о тѣхъ мелкихъ мѣрахъ предосторожности для предупрежденія ошибокъ, которымъ научили насъ прежніе шаги. Нѣтъ, я долженъ справиться со своимъ дѣломъ средствами простѣйшими и наиболѣе грубыми. Я поведу васъ кратчайшимъ путемъ отъ фактовъ къ понятіямъ, но я не смогу, правда, пройти мимо всѣхъ тѣхъ скрещивающихся идей, которыя могутъ и даже должны возникнуть при взглядѣ на пути боковые, ведущіе нѣсколько въ сторону.

Передъ нами два небольшихъ, одинаковыхъ, легкихъ и свободно подвѣшенныхъ тѣльца (фиг. 30), которыя мы «электризуемъ» треніемъ о третье тѣло или прикосновеніемъ къ тѣлу уже наэлектризованному. Тотчасъ же обнаруживается нѣкоторая отталкивающая сила, заставляющая эти два тѣльца (дѣйствію тяжести вопреки) удалиться другъ отъ друга. Та же сила могла бы совершить ту же механическую работу, затратѣ которой она обязана своимъ возникновеніемъ [1]).

Рядомъ очень сложныхъ опытовъ *Кулонъ* съ помощью своихъ крутильныхъ вѣсовъ убѣдился въ слѣдующемъ: если эти два тѣльца, находясь на разстояніи 2 см., напримѣръ, отталкиваются съ той же силой, съ которой тяжесть въ 1 миллиграммъ вѣсомъ стремится упасть на землю, то, находясь на разстояніи 1 см., они отталки-

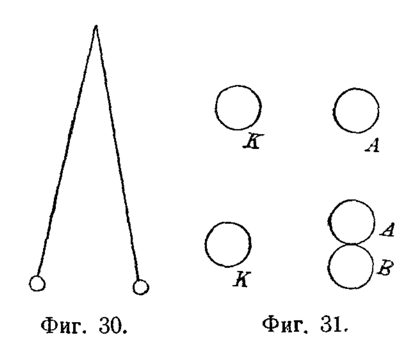
---

[1]) Если бы оба тѣла были наэлектризованы разноименнымъ электричествомъ, то они не отталкивали, а притягивали бы другъ друга.

ваются съ силой въ 4 миллиграмма, а находясь на двойномъ разстояніи, на разстояніи въ 4 см., они отталкиваются съ силой въ $^1/_4$ миллиграмма только. Коротко, онъ нашелъ, что дѣйствіе электрической силы обратно пропорціонально квадрату разстоянія между тѣлами.

Представимъ себѣ, что у насъ есть средство измѣрять электрическое отталкиваніе грузами. Простымъ средствомъ для этого служатъ, напримѣръ, сами электрическіе маятники. Мы можемъ тогда сдѣлать слѣдующее наблюденіе.

Тѣло *A* (фиг. 31), отталкивается отъ тѣла *K* при разстояніи въ 2 см. съ силой въ 1 миллиграммъ. Если къ тѣлу *A* прикасается равное тѣло *B*, то половина этой отталкивающей силы переходитъ на это послѣднее. Какъ тѣло *A*, такъ и тѣло *B* отталкиваются при разстояніи въ 2 см. отъ тѣла *K* съ силой только $^1/_2$ миллиграмма, но оба вмѣстѣ опять съ силой 1 миллиграмма. *Дѣленіе электрической силы* между соприкасающимися тѣлами есть *фактъ* наблюденія. Мы можемъ еще представить себѣ, что въ тѣлѣ *A* есть нѣкоторая электрическая *жидкость*, количеству которой соотвѣтствуетъ электрическая сила; при соприкосновеніи тѣла *A* съ тѣломъ *B* жидкость распредѣляется между ними поровну. Такое представленіе есть наше *добавленіе* къ факту, вовсе не необходимое, но полезное. Ибо на мѣсто новаго физическаго представленія мы этимъ беремъ представленіе давно привычное намъ, которое какъ бы само собой протекаетъ по привычнымъ путямъ.



Фиг. 30. Фиг. 31.

Въ связи съ этимъ представленіемъ мы можемъ установить электрическія мѣры въ единицахъ весьма общераспространенной системы сантиметръ—граммъ—секунда (*C.—G.—S*). Мы принимаемъ за *единицу* то количество электричества, которое на равное ему количество, находящееся на разстояніи отъ него въ 1 см., дѣйствуетъ отталкивающимъ образомъ съ единицей силы, т. е. съ силой, сообщающей массѣ въ 1 гм. приращеніе скорости въ 1 см. въ секунду. Такъ какъ масса въ 1 гм. получаетъ отъ силы тяжести приращеніе скорости въ 981 см. въ секунду, то притяженіе это можетъ быть выражено въ 981 (или 1000 въ круглыхъ числахъ)

единицѣ системы сантиметръ—граммъ—секунда, а грузъ въ 1 миллиграммъ стремится упасть на землю, приблизительно, съ единицей силы этой системы.

Отсюда легко составить себѣ наглядное представленіе объ *единицѣ* количества электричества. Пусть два небольшихъ тѣльца K, въ 1 гм. вѣсомъ каждое, подвѣшены на почти лишенной тяжести вертикальной нити, въ 5 метровъ длиной, такъ, что они соприкасаются между собой. Если они электризуются съ равной силой и если они при этомъ удаляются другъ отъ друга на разстояніе въ 1 см., то зарядъ каждаго изъ нихъ соотвѣтствуетъ электростатической единицѣ количества электричества: ибо сила отталкиванія уравновѣшиваетъ тогда ту составляющую силы тяжести (величиной приблизительно въ 1 миллиграммъ), которая стремится сблизить тѣльца.

Подъ очень небольшимъ шарикомъ, уравновѣшеннымъ на вѣсахъ, находится на разстояніи въ 1 см. вертикально подъ нимъ другой шарикъ. Если оба шарика электризовать одинаково, то шарикъ на вѣсахъ вслѣдствіе отталкиванія отъ другого шарика кажется какъ будто легче. Положивъ 1 миллиграммъ на ту же чашку вѣсовъ, мы снова устанавливаемъ равновѣсіе, и тогда можно сказать, что каждый шарикъ имѣетъ приблизительно одну электростатическую единицу количества электричества.

Въ виду того, что одни и тѣ же электрическія тѣла обнаруживаютъ на различномъ разстояніи различныя силы, предложенная нами мѣра количества электричества можетъ возбудить сомнѣнія. Что же это за количество, которое вѣситъ, такъ сказать, то больше, то меньше? Но это мнимое отклоненіе отъ общепринятаго въ повседневной жизни опредѣленія количества при помощи вѣса оказывается при болѣе точномъ разсмотрѣніи скорѣе подтвержденіемъ правильности его. И тяжелая масса притягивается къ землѣ на высокой горѣ съ меньшей силой, чѣмъ на уровнѣ моря, и мы только потому могли обойти молчаніемъ опредѣленіе этого уровня, что мы и безъ того сравниваемъ наше тѣло съ нагрузкой всегда только на *одной и той же высотѣ.*

Но если-бы изъ двухъ равныхъ грузовъ, уравновѣшивающихся на вѣсахъ, мы одинъ значительно приблизили бы къ центру земли, подвѣсивъ его на очень длинной нити, какъ это придумалъ профессоръ *Jolly* въ Мюнхенѣ, то мы дали бы этому грузу соотвѣтственный перевѣсъ.

Представимъ себѣ двѣ различныя электрическія жидкости, положительную и отрицательную, обладающія такими свойствами, что

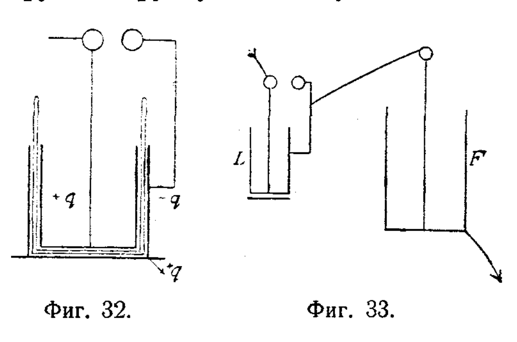
части этихъ двухъ жидкостей взаимно притягиваются съ силой, обратно пропорціональной квадрату разстоянія между ними, а части одной и той же жидкости взаимно отталкиваются по тому же закону. Представимъ себѣ далѣе, что въ тѣлахъ неэлектрическихъ обѣ жидкости распредѣлены равномѣрно въ равныхъ количествахъ, а въ тѣлахъ электрическихъ одна изъ нихъ содержится въ избыткѣ. Представимъ себѣ еще, что въ, такъ называемыхъ, проводникахъ жидкости свободно передвигаются, а въ не-проводникахъ (тѣлахъ не проводящихъ электричества) онѣ неподвижны. Мы получимъ тогда представленіе, развитое *Кулономъ* съ математической точностью. Стоитъ намъ только освоиться съ этимъ представленіемъ, чтобы видѣть своими духовными очами, какъ частички жидкости заряженнаго, скажемъ, положительнымъ электричествомъ проводника возможно болѣе удаляются другъ отъ друга, всѣ направляются къ поверхности проводника, скопляются тамъ на выдающихся частяхъ и остріяхъ, пока не бываетъ совершена при этомъ наивозможно большая работа. Съ увеличеніемъ поверхности проводника мы видимъ разрѣженіе частицъ, съ уменьшеніемъ же его—сгущеніе ихъ. Если приблизить къ первому проводнику второй, не заряженный электричествомъ, то обѣ жидкости въ немъ тотчасъ же раздѣляются, отрицательная скопляется на той сторонѣ поверхности, которая обращена къ первому проводнику, а положительная—на противоположной сторонѣ. Преимущества и научная цѣнность этого представленія заключаются въ томъ, что въ немъ наглядно и какъ бы сами собой воспроизводятся всѣ факты, найденные постепенно и кропотливымъ наблюденіемъ. Правда, этимъ цѣнность его и исчерпывается и, если мы будемъ искать въ природѣ эти двѣ гипотетическія жидкости, которыя мы сами только придумали и прибавили къ фактамъ, то мы собьемся на окольные пути. Представленіе *Кулона* можетъ быть замѣнено совершенно другимъ представленіемъ, напримѣръ, представленіемъ *Фарадея*. И самое правильное—возвращаться послѣ того, какъ достигнутъ общій обзоръ, къ фактамъ, къ электрическимъ силамъ.

Познакомимся сначала съ представленіемъ *количества* электричества и со способомъ легко измѣрять или оцѣнивать его.

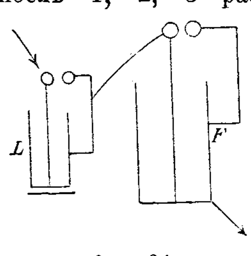
Представимъ себѣ обыкновенную лейденскую банку (фиг. 32), внутренняя и наружная обкладка которой связаны съ двумя шариками, отстоящими другъ отъ друга на разстояніи 1 см. Если мы внутреннюю обкладку зарядимъ количествомъ электричества $+q$, то на наружной обкладкѣ произойдетъ черезъ стекло раздѣленіе

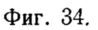
электричества. Нѣкоторое количество положительнаго электричества, почти равное [1]) количеству $+q$, уйдетъ въ землю, а соотвѣтствующее ему количество электричества $-q$ останется на наружной обкладкѣ. Шарики получатъ отъ этихъ количествъ свою часть, и если это количество q достаточно велико, то играющій роль изолятора воздухъ между шариками пробивается, и наша банка разряжается. При опредѣленной величинѣ шариковъ и опредѣленномъ разстояніи между ними, требуется для разряженія банки всегда зарядъ опредѣленнаго количества электричества q.

Возьмемъ теперь ту же банку Ланэ L, взятую въ качествѣ единицы для измѣренія, изолируемъ наружную обкладку и соединимъ ее съ внутренней обкладкой банки F, наружная обкладка которой соединена съ землей (фиг. 33). Всякій разъ, когда банка L, заряжается количествомъ электричества $+q$, появляется тоже $+q$ на внутренней обкладкѣ банки F, и банка L разрядившись, снова становится незаряженной. Число разрядовъ банки L служитъ, слѣдовательно, мѣрой того количества электричества, которымъ была заряжена банка F, и если банка F разряжается послѣ 1, 2, 3 разрядовъ банки L, то можно убѣдиться въ соотвѣтственномъ послѣдовательномъ увеличеніи ея заряда.

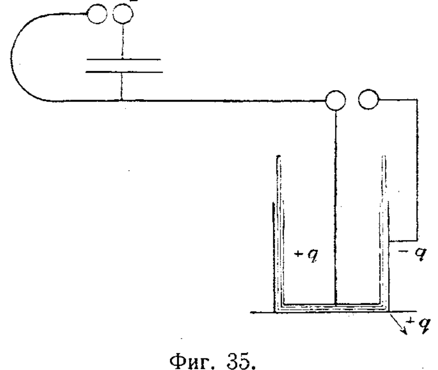


Фиг. 32. Фиг. 33.





Фиг. 34.



Фиг. 35.

[1]) Въ дѣйствительности уходящее въ землю количество нѣсколько меньше q. Оно только тогда было бы равно q, еслибы внутренняя обкладка банки была совершенно замкнута въ наружной.

Снабдимъ теперь нашу банку F равновеликими и равноотстоящими шариками для разряженія, какъ у банки L (фиг. 34). Если мы найдемъ, что для разряженія банки F нужно пять разрядовъ банки L, то это означаетъ, что при равномъ разстояніи между шариками банка F можетъ вмѣстить въ пять разъ большее количество электричества, чѣмъ банка L, что *электроемкость* ея въ пять разъ больше [1]).

Замѣнимъ нашу банку L, которой мы измѣряемъ, такъ сказать, банку F, такъ называемымъ, конденсаторомъ, т. е. приборомъ, состоящимъ изъ двухъ параллельныхъ плоскихъ металлическихъ пластинокъ (фиг. 35), раздѣленныхъ только слоемъ воздуха. Если для того, чтобы зарядить банку, достаточно, напримѣръ, 30 разрядовъ прибора, то для этого будетъ достаточно и 10, если вмѣсто слоя воздуха помѣстить между металлическими пластинками пластинку изъ сѣры. Ясно, слѣдовательно, что электроемкость прибора стала въ три раза больше, чѣмъ воздушный конденсаторъ той же формы и той же величины или, какъ еще выражаются, удѣльная способность индукціи сѣры (если взять ту же способность воздуха за единицу) есть 3 [2]). Мы натолкнулись здѣсь на очень простой фактъ, выясняющій намъ значеніе числа, которое было названо *діэлектрической постоянной* или удѣльной способностью индукціи и знаніе котораго имѣетъ столь важное значеніе для теоріи подводныхъ кабелей.

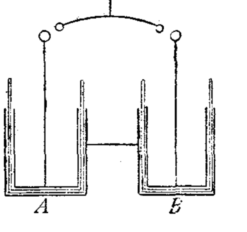
Мы разсматриваемъ банку A, заряженную извѣстнымъ количе-

---

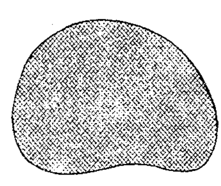
[1]) Если пожелать быть точнымъ, то это, конечно, невѣрно. Прежде всего слѣдуетъ замѣтить, что банка L должна разрядиться одновременно съ электродомъ машины. Банка же F разряжается всегда однов920рменно съ наружной обкладкой банки L. Если E обозначаетъ электроемкость электрода машины, L—электроемкость банки L, A—электроемкость наружной обкладки банки L и F—электроемкость банки F, то нашему примѣру, приведенному въ текстѣ, соотвѣтствуетъ уравненіе: $\frac{F+A}{L+E}=5$. Далѣе обусловливаютъ также нѣкоторую неточность остатки отъ процесса разряженія.

[2]) Принимая во вниманіе поправки, отмѣченныя въ предыдущемъ примѣчаніи, я получилъ для діэлектрической постоянной сѣры число 3,2, совпадающее съ числами, которыя были получены болѣе точными методами. Если быть точнымъ, то чтобы получить отношеніе электроемкостей, соотвѣтствующее діэлекрической постоянной, слѣдовало бы, собственно, обѣ пластинки конденсатора погрузить одинъ разъ совсѣмъ въ воздухъ, а другой разъ совсѣмъ въ сѣру. Въ дѣйствительности однако ошибка, происходящая отъ того, что между металлическими пластинками помѣщается только сѣрная пластинка, точно заполняющая пространство между ними, невелика.

ствомъ электричества. Мы можемъ эту банку прямо разрядить. Но мы можемъ также банку *A* (фиг. 36) только отчасти разрядить въ банку *B*, если соединимъ одноименныя обкладки. Часть количества электричества переходитъ при этомъ въ банку *B* съ образованіемъ искры, и обѣ банки оказываются заряженными.



Фиг. 36.


Фиг. 37.

Что представленіе неизмѣннаго количества электричества можно разсматривать, какъ выраженіе чистаго факта, можетъ быть доказано слѣдующимъ образомъ. Мы представляемъ себѣ любой электрическій проводникъ (фиг. 37) изолированный, разрѣзываемъ его на множество маленькихъ кусочковъ и при помощи изолированныхъ щипцовъ помѣщаемъ ихъ на 1 см. разстоянія отъ электрическаго тѣла, которое на равное себѣ тѣло, обладающее равными свойствами и находящееся на томъ же разстояніи, дѣйствуетъ съ силой, равной единицѣ. Силы, съ которыми это электрическое тѣло дѣйствуетъ на отдѣльные кусочки проводника, мы складываемъ. Эта сумма силъ есть ничто иное, какъ количество электричества всего проводника. Какъ бы мы ни измѣняли форму и величину проводника, приблизимъ ли мы его къ другому какому-либо электрическому проводнику или удалимъ отъ него, сумма эта остается одной и той же, покуда проводникъ остается изолированнымъ, т. е. не разряжается.

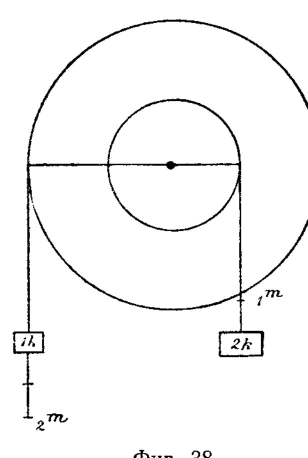
Есть еще и другая сторона, съ которой можно получить реальную основу для представленія количества электричества. Если черезъ столбъ подкисленной воды проходитъ какой-нибудь электрическій токъ, т. е. согласно нашему представленію, опредѣленное количество электричества въ секунду, то вмѣстѣ съ положительнымъ токомъ выдѣляется на концѣ столба водородъ, а на противоположномъ концѣ его—кислородъ. На опредѣленное количество электричества приходится опредѣленное количество кислорода. Можно представлять себѣ, что водяной столбъ состоитъ изъ столба водорода и столба кислорода, проникающихъ другъ друга, и можно сказать, что электрическій токъ есть токъ химическій и наоборотъ. Хотя это представленіе и труднѣе сохранить въ области статическаго электричества и въ случаѣ проводниковъ, не поддающихся хими-

ческому разложенію, тѣмъ не менѣе дальнѣйшее развитіе его есть далеко не дѣло безнадежное.

Итакъ, представленіе количества электричества далеко не такъ воздушно и мало обосновано, какъ это могло-бы показаться, а оно можетъ служить надежной путеводной звѣздой среди многообразія явленій и становится осязательно близкимъ предъ лицомъ фактовъ. Мы можемъ накоплять электрическую силу въ какомъ-нибудь тѣлѣ, измѣрять ее въ одномъ тѣлѣ при помощи другого тѣла, переводить его изъ одного тѣла въ другое, какъ мы можемъ накоплять жидкость въ какомъ-нибудь сосудѣ, измѣрять ее при помощи другого сосуда, переливать ее изъ одного сосуда въ другой.

Опытъ показалъ полезность одного понятія для оцѣнки механическихъ процессовъ, которое было названо именемъ р а б о т ы. Машина только тогда приходитъ въ движеніе, когда дѣйствующія въ ней силы могутъ совершать работу.

Разсмотримъ, напримѣръ, воротъ (фиг. 38) съ радіусами въ 1 и 2 метра, къ которымъ приложены грузы въ 2 и 1 килограммъ. При вращеніи ворота 1 килограммъ опускается на 2 метра въ то время, какъ 2 килограмма поднимаются на 1 метръ. На обѣихъ сторонахъ получается равное произведеніе:



Фиг. 38.

$$\underset{\text{кгм.}}{1} \times \underset{\text{м.}}{2} = \underset{\text{кгм.}}{2} \times \underset{\text{м.}}{1}$$

Покуда это произведеніе остается равнымъ на обѣихъ сторонахъ, нашъ воротъ самъ не двигается. Но если мы такъ выберемъ грузы или радіусы, чтобы произведеніе кгм.×м. при перемѣщеніи стало на одной сторонѣ больше, то эта сторона будетъ опускаться. Наше произведеніе, слѣдовательно, х а р а к т е р н о для механическаго процесса и именно, поэтому, оно получило специальное названіе—было названо работой.

Во всѣхъ механическихъ процессахъ, и—такъ какъ всѣ физическіе процессы имѣютъ свою механическую сторону,—во всѣхъ прецессахъ физическихъ, работа играетъ рѣшающую роль. По-

этому, и электрическія силы могутъ вызывать только такія измѣненія, при которыхъ совершается работа. Поскольку въ явленіяхъ электрическихъ играютъ какую-нибудь роль силы, онѣ переходятъ, что бы онѣ вообще ни были, въ область механики, и здѣсь подчиняются законамъ, дѣйствующимъ въ этой области. Мѣриломъ работы служитъ произведеніе изъ силы на путь, на которомъ она дѣйствуетъ, и въ системѣ C.—G.—S за единицу работы принимается дѣйствіе силы, сообщающей въ одну секунду массѣ въ 1 гм. приращеніе скорости въ 1 см. на 1 см. пути, т. е. давленіе груза въ 1 миллиграммъ вѣсомъ на 1 см. пути.

Если мы тѣло, заряженнное положительнымъ электричествомъ, соединимъ при помощи какого нибудь проводника съ землей, то электричество будетъ стекать въ землю, слѣдуя силамъ отталкиванія и совершая работу. Если же соединить съ землей тѣло, заряженное отрицательнымъ электричествомъ, то дѣло происходитъ наоборотъ, т. е. земля даетъ положительное электричество. Электрическая работа, возможная при взаимодѣйствіи тѣла съ землей, характеризуетъ электрическое состояніе этого тѣла. Работу, которую приходится затратить на единицу положительнаго электричества, чтобы перевести ее съ земли на тѣло K, мы будемъ называть потенціаломъ тѣла K[1]).

Мы приписываемъ тѣлу K, въ системѣ C.—G.—S. потенціалъ +1, если необходимо затратить единицу работы для того, чтобы перевести съ земли на него положительную электростатическую единицу количества электричества, и потенціалъ —1, если мы при той-же операціи не тратимъ, а получаемъ единицу работы и, наконецъ, потенціалъ 0, если при этомъ совсѣмъ не совершается работа.

---

[1]) Такъ какъ это, опредѣленіе въ ея простой формѣ можетъ подать поводъ къ ложнымъ толкованіямъ, то его снабжаютъ обыкновенно еще нѣкоторыми разъясненіями. Ясно, что невозможно сообщать тѣлу K какого-нибудь количества электричества, не измѣняя распредѣленія существующаго на немъ уже электричества, какъ и потенціала его. Представимъ себѣ теперь заряды на тѣлѣ K неизмѣнными и сообщенное ему количество электричества столь малымъ, что оно не вызываетъ никакого замѣтнаго измѣненія. Если взять затраченную для этого работу столько разъ, сколько разъ это небольшое количество содержится въ единицѣ, то мы получаемъ потенціалъ.—Коротко и ясно потенціалъ тѣла K можетъ быть опредѣленъ слѣдующимъ образомъ: если необходима затрата элемента работы dW для того, чтобы элементъ положительнаго электричества dQ перевести съ земли на проводникъ, то потенціалъ проводника K равенъ $V = \frac{dW}{dQ}$.

Различнымъ частямъ одного и того-же проводника, находящагося въ состояніи электрическаго равновѣсія, соотвѣтствуетъ одинъ и тотъ же потенціалъ, ибо иначе электричество передвигалось-бы въ этомъ проводникѣ, совершая работу, равновѣсія въ немъ не было-бы. Различные проводники равнаго потенціала, будучи связаны между собой, не сообщаютъ другъ другу электричества, какъ не сообщаютъ другъ другу теплоты соприкасающіяся тѣла равной температуры, или какъ не перетекаетъ жидкость изъ одного сосуда въ другой, если соединить два сосуда съ равнымъ давленіемъ жидкости.

Только въ случаѣ проводниковъ различнаго потенціала электричество переходитъ отъ одного проводника къ другому, а въ случаѣ проводниковъ данной формы и даннаго расположенія, необходима опредѣленная разность потенціала для того, чтобы черезъ изоляторъ—воздухъ произошелъ разрядъ съ образованіемъ искры.

Если соединить два проводника, то въ нихъ тотчасъ-же устанавливается одинъ и тотъ же потенціалъ. Это даетъ намъ средство опредѣлять потенціалъ всякаго проводника при помощи другого, спеціально для этого устроеннаго проводника, такъ называемаго, электрометра, какъ мы при помощи термометра опредѣляемъ температуру какого-нибудь тѣла. Полученныя такимъ образомъ величины потенціала тѣла даютъ намъ возможность, какъ это ясно изъ всего сказаннаго выше, судить объ его электрическомъ состояніи.

Представимъ себѣ проводникъ, заряженный положительнымъ электричествомъ. Если мы удвоимъ всѣ электрическія силы, съ которыми онъ дѣйствуетъ на заряженную единицей электричества точку, т. е. если мы удвоимъ въ каждомъ мѣстѣ его количество электричества, то удвоится и весь зарядъ проводника и равновѣсіе въ немъ, очевидно, сохранится. Но если мы приблизимъ къ нашему проводнику положительную электростатическую единицу, то намъ придется вездѣ преодолѣвать вдвое большія, чѣмъ раньше, силы отталкиванія, намъ придется затратить вдвое больше работы, потенціалъ проводника удвоится вмѣстѣ съ его зарядомъ. Зарядъ и потенціалъ *пропорціональны* другъ другу. Если мы все количество электричества какого-нибудь проводника обозначимъ черезъ Q, а потенціалъ его черезъ V, то мы можемъ писать: $Q = C.\ V$, гдѣ C есть постоянная величина, значеніе которой становится яснымъ, если принять въ соображеніе, что $C = \frac{Q}{V}$. Когда же мы

дѣлимъ число единицъ количества электричества какого-нибудь проводника на число единицъ его потенціала, то мы узнаемъ, какое количество электричества приходится въ немъ на единицу потенціала. Вотъ это число C мы называемъ *электроемкостью* проводника, и мы такимъ образомъ получили вмѣсто относительнаго абсолютное опредѣленіе электроемкости [1]).

Въ случаяхъ простыхъ установить связь между зарядомъ, потенціаломъ и электроемкостью нетрудно. Пусть, напримѣръ, нашъ проводникъ есть шаръ радіуса r, висящій свободно въ большомъ воздушномъ пространствѣ. Такъ какъ близъ него никакихъ другихъ проводниковъ нѣтъ, то зарядъ q распредѣляется равномѣрно на его поверхности, и при помощи простыхъ геометрическихъ соображеній мы находимъ для его потенціала выраженіе $V = \frac{q}{r}$. Отсюда слѣдуетъ, что $\frac{q}{V} = r$, т. е. электроемкость измѣряется радіусомъ и въ системѣ $C.—G.—S.$ въ сантиметрахъ [2]). Это и безъ того ясно: такъ какъ потенціалъ есть количество, раздѣленное на длину, то количество, раздѣленное на потенціалъ, должно быть длиной.

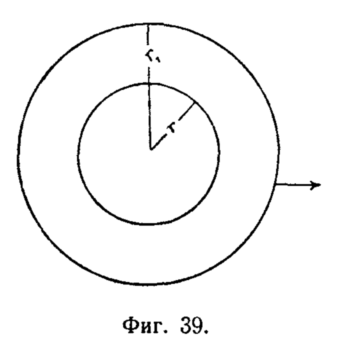
Представимъ себѣ конденсаторъ изъ двухъ концентрическихъ проводящихъ шаровыхъ поверхностей съ радіусами r и r_1,

---

[1]) Между понятіями „теплоемкость" и «электроемкость" существуетъ извѣстное сходство, но не слѣдуетъ упускать изъ виду и существующаго между ними различія. Теплоемкость какого-нибудь тѣла зависитъ только отъ него одного. Электроемкость же тѣла K зависитъ еще отъ всѣхъ сосѣднихъ тѣлъ, ибо и зарядъ этихъ тѣлъ можетъ измѣнить потенціалъ тѣла K. Поэтому, чтобы понятіе электроемкости (C) тѣла K имѣло одно опредѣленное значеніе, понимаютъ подъ C отношеніе $\frac{Q}{V}$ для тѣла K при данномъ положеніи всѣхъ сосѣднихъ тѣлъ и при условіи, что всѣ сосѣдніе проводники соединены съ землей. Въ случаяхъ, важныхъ на практикѣ, дѣло происходитъ гораздо проще. Если взять, напримѣръ, банку, наружная обкладка которой отведена къ землѣ, а внутренняя обкладка почти замкнута въ наружной, то электроемкость ея весьма мало подвергается вліянію заряженныхъ или незаряженныхъ сосѣднихъ проводниковъ.

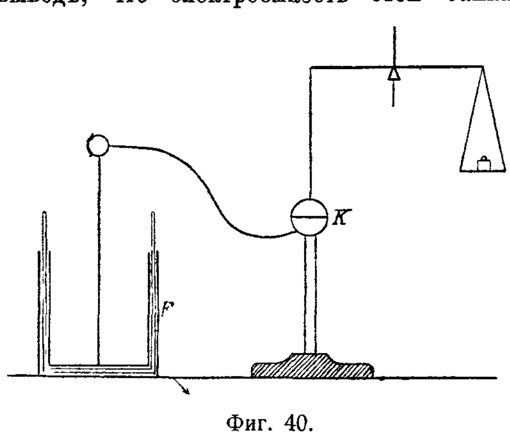
[2]) Эти формулы очень легко вывести изъ того правила *Ньютона*, что однородный шаровидный слой, элементы котораго дѣйствуютъ съ силой, обратно пропорціональной квадрату разстоянія, не оказываетъ никакого дѣйствія на внутреннюю точку, а на точку, находящуюся внѣ его, дѣйствуетъ такъ, какъ будто бы вся масса его была сосредоточена въ центрѣ шара. Изъ того же правила могутъ быть выведены и послѣдующія вытекающія отсюда формулы. Элементарный выводъ ихъ см. Mach, Leitfaden der Physik, Prag 1891, стр. 198.

въ промежуткѣ между которыми находится только воздухъ. Если мы наружный шаръ соединимъ съ землей, а внутренній при помощи тонкой проволоки, проведенной при помощи изоляціи сквозь наружный, зарядимъ количествомъ электричества Q, то мы имѣемъ $V = \frac{r_1 - r}{r_1\ r} Q$, а электроемкость въ этомъ случаѣ равна $\frac{r_1\ r}{r_1 - r}$; если, напримѣръ, $r = 16$, $r_1 = 19$, то электроемкость приблизительно равна 100 см.



Фиг. 39.

Воспользуемся теперь этими простыми случаями для выясненія того принципа, которымъ мы руководствуемся при опредѣленіи электроемкости и потенціала. Прежде всего ясно, что въ качествѣ масштаба для измѣренія мы будемъ пользоваться конденсаторомъ изъ концентрическихъ шаровъ извѣстной электроемкости. Пользуясь имъ, мы можемъ описаннымъ уже выше образомъ опредѣлить электроемкость данной банки F. Мы находимъ, напримѣръ, что необходимо 37 разъ разрядить конденсаторъ съ электроемкостью 100, чтобы зарядить данную банку до равнаго потенціала. Отсюда мы дѣлаемъ выводъ, что электроемкость этой банки равна 3700 см. Большая батарея пражскаго физическаго института, состоящая изъ 16 такихъ банокъ, почти равныхъ, имѣетъ, слѣдовательно, электроемкость нѣсколько болѣе 50000 см., т. е. ту же электроемкость, которую имѣлъ бы свободно висящій въ воздухѣ шаръ діаметромъ болѣе 1 км. Отсюда ясно то великое преимущество, которое представляютъ лейденскія банки для накопленія электричества, сравнительно съ обыкновенными кондукторами. И дѣйствительно, лейденскія банки существеннымъ образомъ отличаются отъ простыхъ кондукторовъ, какъ



Фиг. 40.

объ этомъ зналъ уже *Фарадей*, только большой электроемкостью.

Перейдемъ теперь къ опредѣленію потенціала. Пусть наружная обкладка банки F соединена съ землей, а внутренняя обкладка соединена при помощи тонкой длинной проволоки съ проводящимъ шаромъ K, висящимъ свободно въ воздушномъ пространствѣ, въ сравненіи съ размѣрами котораго радіусъ шара ничтожно малъ (фиг. 40). Банка и шаръ тотчасъ-же получаютъ одинъ и тотъ-же потенціалъ. Но на поверхности шара находится, если онъ достаточно удаленъ отъ всѣхъ другихъ проводниковъ, равномѣрный слой электричества. Если радіусъ шара $= r$, а зарядъ его $= q$, то потенціалъ его $V = \frac{q}{r}$. Пусть верхняя половина шара отрѣзана, прикрѣплена шелковой ниткой къ стержню вѣсовъ и до полученія заряда уравновѣшена на нихъ. По полученіи заряда верхняя половина отталкивается отъ нижней съ силой $P = \frac{q^2}{8r^2} = \frac{1}{8} V^2$. Эта отталкивающая сила P можетъ быть уравновѣшена соотвѣтствующимъ грузомъ и такимъ образомъ опредѣлена. Потенціалъ тогда будетъ $V = \sqrt{8P}$ [1]).

Что потенціалъ пропорціоналенъ квадратному корню изъ силы, усмотрѣть не трудно. При двойномъ или тройномъ потенціалѣ зарядъ всѣхъ частей будетъ удвоенъ или утроенъ, слѣдовательно, сила ихъ взаимнаго отталкиванія будетъ въ четыре, девять разъ больше.

Разсмотримъ одинъ спеціальный примѣръ. Я хочу получить на шарѣ потенціалъ 40. Какой грузъ, въ граммахъ, я долженъ прибавить къ моему полушарію, чтобы онъ какъ разъ уравновѣсилъ

---

[1]) Энергія шара радіуса r, заряженнаго количествомъ электричества q, есть $\frac{1}{2} \cdot \frac{q^2}{r}$. Если радіусъ удлиняется на dr, то происходитъ потеря энергіи и совершенная работа есть $\frac{1}{2} \cdot \frac{q^2}{r} \cdot dr$. Если p означаетъ равномѣрное электрическое давленіе на единицу поверхности шара, то означенная работа будетъ также $4r^2\pi p dr$, откуда $p = \frac{1}{8} \cdot \frac{q^2}{r\pi r^2}$. Полушаріе, подверженное со всѣхъ сторонъ одному и тому-же поверхностному давленію (напримѣръ, въ жидкости), было-бы въ равновѣсіи. Мы должны, слѣдовательно, заставить давленіе p дѣйствовать на поверхность наибольшаго круга, чтобы получить дѣйствіе на вѣсахъ, и это дѣйствіе будетъ: $r\pi p = \frac{1}{8} \cdot \frac{q^2}{r^2} = \frac{1}{8} V^2$.

силу отталкиванія? Такъ какъ вѣсъ одного грамма соотвѣтствуетъ приблизительно 1000 единицъ силы, то мы получаемъ слѣдующій простой разсчетъ: $40 \times 40 = 8 \times 1000 . x$, гдѣ x означаетъ число граммовъ; x равенъ приблизительно 0,2 грамма. Я заряжаю банку. На вѣсахъ устанавливается равновѣсіе, я получилъ потенціалъ 40 или, собственно говоря, даже нѣсколько больше и, когда я банку разряжаю, видна искра [1]).

Разстояніе между шариками машины, между которыми происходитъ искра, возрастаетъ вмѣстѣ съ разностью потенціала, но не пропорціонально ей; первое возрастаетъ быстрѣе, чѣмъ вторая. При разстояніи между шариками въ 1 см. на данной машинѣ разность потенціала будетъ 110. Она можетъ быть легко увеличена въ 10 разъ. Какъ велики бываютъ разности потенціала въ природѣ, видно изъ того, что длина искры въ молніяхъ во время грозы измѣряется километрами. Разности потенціала у гальваническихъ батарей бываютъ значительно меньше, чѣмъ на нашей машинѣ; нѣсколько сотъ элементовъ даютъ только искру микроскопической длины.

Воспользуемся теперь полученными нами понятіями для того, чтобы освѣтить другое важное отношеніе между процессами электрическими и механическими. Разсмотримъ, какая потенціальная *энергія* или какой *запасъ работы* содержится въ какомъ-нибудь заряженномъ проводникѣ, напримѣръ, въ лейденской банкѣ.

Если мы сообщаемъ какому-нибудь проводнику извѣстное количество электричества, или—не будемъ говорить образно,—если мы работой вызываемъ въ какомъ-нибудь проводникѣ электрическую силу, то эта сила можетъ вернуть работу, благодаря которой она возникла. Какъ-же велика энергія или способность работы проводника, если зарядъ его равенъ Q, а потенціалъ равенъ V?

---

[1]) Данное здѣсь устройство по многимъ причинамъ не годится для дѣйствительнаго измѣренія потенціала. Абсолютный электрометръ *Томсона* основанъ на остроумномъ видоизмѣненіи электрическихъ вѣсовъ *Harris'a* и *Вольта*. Изъ двухъ большихъ параллельныхъ другъ другу пластинъ одна отведена къ землѣ, а другая получаетъ потенціалъ, подлежащій измѣренію. Небольшая подвижная часть этой послѣдней f подвѣшена на вѣсахъ и служитъ для опредѣленія притяженія P. Если разстояніе между пластинками равно D, то мы имѣемъ

$$V = D \sqrt{\frac{8\pi P}{f}}$$

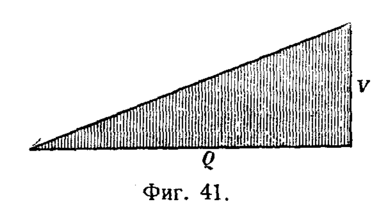
Представимъ себѣ, что названный зарядъ Q раздѣленъ на очень небольшія части q, q_1, q_2 . . . , которыя одна за другой сообщаются нашему проводнику. Для того, чтобы сообщить ему первое очень небольшое количество q, не приходится затратить замѣтной работы, но зато и потенціалъ получается очень маленькій V_1. Чтобы сообщить ему второе количество, приходится уже затратить работу $q_1 \; V_1$ и аналогично потребуются для слѣдующихъ количествъ работы $q_2 V_2$, $q_3 V_3$ и т. д. Такъ какъ потенціалъ возрастаетъ пропорціонально самимъ сообщаемымъ количествамъ электричества, пока не возрастаетъ до V, то вся работа, соотвѣтственно нашему графическому изображенію на фигурѣ 41, будетъ

$$W = \frac{1}{2} QV.$$

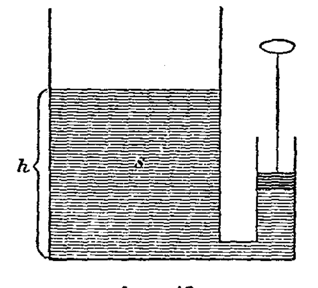
Эта работа соотвѣтствуетъ всей энергіи заряженнаго проводника. Исходя изъ уравненія $Q = CV$, гдѣ C означаетъ электроемкость, мы можемъ также написать

$$W = \frac{1}{2} CV^2 \text{ или } W = \frac{Q^2}{2C}.$$

Будетъ, можетъ быть, не безполезно разъяснить еще изложенное при помощи аналогіи изъ области механики. Если мы будемъ постепенно насасывать въ цилиндрическій сосудъ (фиг. 42) количество жидкости Q, то уровень ея въ этомъ сосудѣ тоже будетъ наростать постепенно. Чѣмъ больше мы насосали уже, тѣмъ



Фиг. 41.



Фиг. 42.

больше давленія требуется для дальнѣйшаго насасыванія, или на тѣмъ болѣе высокій уровень намъ нужно поднять жидкость. Накопленная работа можетъ снова найти примѣненіе, когда количество жидкости Q, достигающее уровня h, снова вытекаетъ. Эта работа W соотвѣтствуетъ паденію всего вѣса жидкости Q съ средней высоты $\frac{h}{2}$ или съ высоты центра тяжести. Мы имѣемъ тогда

$$W = \frac{1}{2} Qh.$$

Но $Q = Kh$, т. е. вѣсъ жидкости пропорціоналенъ высотѣ h. Поэтому, можно также писать

$$W = \frac{1}{2} Kh^2 \text{ и } W = \frac{Q^2}{2K}.$$

Разсчитаемъ въ качествѣ спеціальнаго примѣра энергію нашей банки.

Электроемкость ея $C = 3700$;

потенціалъ $V = 110$;

слѣдовательно, количество электричества $Q = CV = 407000$ электростатическихъ единицъ;

энергія $W = \frac{1}{2} QV = 22{,}385{,}000$ единицъ работы въ системѣ $C.—G.—S.$

Но эта единица работы нѣсколько чужда намъ и представляется для насъ мало наглядной, ибо мы привыкли оперировать вѣсомъ тѣлъ. Возьмемъ, поэтому, въ качествѣ единицы работы граммъ—сантиметръ; онъ соотвѣтствуетъ давленію 1 гм. на разстояніи въ 1 см. и въ 1000 разъ, приблизительно, больше прежней нашей единицы. Полученное нами раньше число станетъ тогда въ 1000 разъ меньше Если-же мы возьмемъ въ качествѣ единицы работы столь привычный намъ изъ практики килограммъ—метръ, то, такъ какъ путь здѣсь въ 100 разъ больше, а вѣсъ въ 1000 разъ больше, эта единица будетъ въ 100000 разъ больше прежней. Число, выражающее работу, окажется, поэтому, въ 100000 разъ меньше, т. е. составитъ приблизительно 0 22 килограммъ-метра. Мы можемъ получить наглядное представленіе объ этой работѣ, если заставимъ грузъ въ 1 килограммъ падать съ высоты 22 см.

Вотъ эта работа затрачивается при заряженіи банки, а при разрядѣ ея проявляется вновь, смотря по обстоятельствамъ, частью какъ звукъ, частью какъ механическое пробиваніе изоляторовъ, частью какъ свѣтъ и теплота и т. д.

Упомянутая уже выше большая батарея пражскаго физическаго института, состоящая изъ 16 банокъ, будучи заряжена до равнаго потенціала, даетъ работу всего только въ 3 килограммъ-метра, хотя эффектъ разряда довольно внушителенъ.

При развитіи изложенныхъ здѣсь мыслей мы вовсе не ограничены только тѣмъ путемъ которымъ мы шли, а мы выбрали его только потому, что онъ наиболѣе удобенъ для оріентировки.

Связь между физическими явленіями, напротивъ, такъ многообразна, что можно къ одному и тому-же придти весьма различными путями. Въ особенности явленія электрическія столь тѣсно связаны со всѣми остальными физическими явленіями, что есть полное основаніе называть ученіе объ электричествѣ ученіемъ о связи между физическими явленіями.

Что-же касается въ частности принципа сохраненія энергіи, связывающаго электрическія явленія съ механическими, то я хотѣлъ-бы кратко указать еще на два пути, которыми можетъ быть прослѣжена эта связь.

Профессоръ *Розетти* произвелъ нѣсколько лѣтъ тому назадъ опытъ на электрической машинѣ, приводимой въ движеніе грузомъ. Приводя ее въ движеніе равной скорости попеременно то въ электрическомъ, то въ не электрическомъ состояніи, онъ въ обоихъ случаяхъ опредѣлялъ затраченную для этого механическую работу. Вычтя отсюда работу тренія, онъ получалъ механическую работу, необходимую для развитія электричества.

Я самъ произвелъ тотъ-же опытъ въ нѣсколько видоизмѣненной и, какъ мнѣ кажется, лучшей формѣ. Вмѣсто того, чтобы отдѣльно опредѣлять работу тренія, я такъ устроилъ аппаратъ, что она при измѣреніи сама выпадаетъ и потому вовсе не должна быть принята во вниманіе. Такъ называемый неподвижный дискъ машины съ вертикальной осью вращенія подвѣшенъ, подобно люстрѣ, на трехъ вертикальныхъ нитяхъ равной длины l, на разстояніи отъ оси r. Когда машина возбуждена, дискъ этотъ вслѣдствіе взаимодѣйствія съ вращающимся дискомъ получаетъ отклоненіе a и моментъ вращенія $D = \frac{Pr^2}{l} a$, гдѣ P есть вѣсъ диска [1]). Уголъ a опредѣляется при помощи зеркала, помѣщеннаго на дискѣ. Работа, затраченная при n оборотахъ, равна $2n\pi D$.

Если замкнуть цѣпь машины, какъ это сдѣлалъ *Розетти*, то получается постоянный токъ, обладающій всѣми свойствами весьма слабаго гальваническаго тока, вызывающій, напримѣръ, отклоненіе стрѣлки въ введенномъ въ цѣпь мультипликаторѣ и т. д. Можно тогда прямо опредѣлить механическую работу, потраченную для поддержанія этого тока.

---

1) Въ этотъ моментъ вращенія должна быть внесена еще поправка: должно быть принято во вниманіе электрическое притяженіе между дисками. Достигается это тѣмъ, что измѣняютъ вѣсъ диска прибавленіемъ небольшого груза и дѣлаютъ еще одно опредѣленіе угла отклоненія.

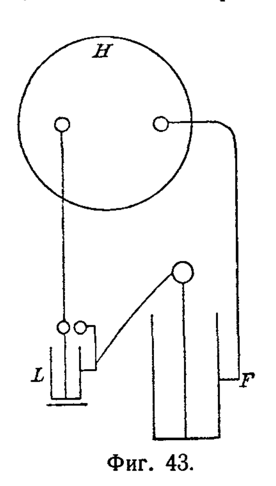
Если съ помощью этой машины зарядить лейденскую банку, то энергія этой послѣдней, которая можетъ быть употреблена для полученія искры, для пробиванія изоляторовъ и т. д., соотвѣтствуетъ только части затраченной механической работы, а другая часть была потрачена при замыканіи цѣпи. Машина со включенной въ цѣпь ея лейденской банкой представляетъ въ миніатюрѣ образчикъ передачи силы или—вѣрнѣе—работы. И дѣйствительно, коэффиціэнтъ полезнаго дѣйствія опредѣляется здѣсь тѣми-же законами, которыми онъ опредѣляется въ крупныхъ динамо-машинахъ [1]).

Другимъ средствомъ для опредѣленія электрической энергіи служитъ превращеніе ея въ теплоту. *Риссъ* произвелъ подобнаго рода опыты съ помощью своего электрическаго воздушнаго термометра, и при томъ давно уже (1838), когда механическая теорія теплоты не была еще такъ популярна, какъ въ настоящее время.

Если электрическій разрядъ проводится по тонкой проволокѣ, протянутой сквозь шарикъ воздушнаго терметра, то наблюдается образованіе теплоты, пропорціональное упомянутому уже выраженію $W = \frac{1}{2} QV$. Превратить такимъ образомъ всю энергію въ теплоту, поддающуюся измѣренію, до сихъ поръ еще не удалось, потому что часть энергіи остается внѣ термометра въ видѣ искры въ воздухѣ. Тѣмъ не менѣе все говоритъ за то, что вся теплота, развивающаяся

---

[1]) Въ нашемъ опытѣ банка находится въ положеніи аккумулятора, заряжаемаго динамо-машиной. Какое отношеніе здѣсь существуетъ между затраченной и полезной работой, видно изъ слѣдующихъ простыхъ отношеній. Пусть машина *Гольца* H (фиг. 43) заряжаетъ лейденскую банку L, служащую намъ единицей, количествомъ электричества q до потенціала v. Послѣ n разрядовъ эта банка заряжаетъ банку F количествомъ электричества Q до потенціала V. Энергія разрядовъ первой банки потрачена и осталась только энергія банки F. Поэтому, отношеніе между полезной и затраченной вообще работой будетъ $\frac{\frac{1}{2} QV}{\frac{1}{2}QV + \frac{n}{2} qv}$ и, такъ какъ $Q = nq$, также $\frac{V}{V+v}$. Если въ цѣпь и не включать первой банки, то играютъ же ея роль части машины и проводящія проволоки и остается все-же формула $\frac{V}{V+\Sigma v}$, гдѣ $\Sigma\, v$ означаетъ сумму всѣхъ включенныхъ последовательно въ цѣпь разностей потенціаловъ.



Фиг. 43.

во всѣхъ проводникахъ и по всѣмъ путямъ, по которымъ происходитъ разрядъ электричества, есть эквивалентъ работы $\frac{1}{2} QV$.

При этомъ совершенно безразлично, превращается ли электрическая энергія вся сразу или частями, постепенно. Возьмемъ, напримѣръ, двѣ равныя лейденскія банки и одну изъ нихъ зарядимъ количествомъ электричества Q до потенціала V; существующая въ ней энергія будетъ $\frac{1}{2} QV$. Если мы ею будемъ заряжать вторую банку, то такъ какъ электроемкость обоихъ вмѣстѣ будетъ вдвое больше, то потенціалъ станетъ вдвое меньше, т. е. $\frac{V}{2}$. Вся энергія ихъ будетъ уже $\frac{1}{4} QV$, а $\frac{1}{4} QV$ (т. е. $\frac{1}{2} QV - \frac{1}{4} QV$) превратится въ теплоту въ искрѣ разряда. Но оставшаяся часть $\frac{1}{4} QV$ распредѣлена поровну въ обѣихъ банкахъ, такъ что каждая при своемъ разрядѣ сможетъ превратить въ теплоту $\frac{1}{8} QV$.

Мы изложили явленія электричества въ той ограниченной формѣ, которая одна была знакома ученымъ до *Вольта* и которая была названа, можетъ быть, не совсѣмъ удачно, статическимъ электричествомъ. Но природа электричества, само собою разумѣется, остается вездѣ одной и той же и между статическимъ и гальваническимъ электричествомъ нѣтъ никакой существенной разницы. Но количественныя отношенія въ такой мѣрѣ различны въ обѣихъ областяхъ, что во второй могутъ ясно выступить совершенно новыя стороны явленія, какъ, напримѣръ, магнитныя дѣйствія, которыя въ первой остались незамѣченными. Съ другой стороны явленія притяженія и отталкиванія, столь замѣтныя въ первой области, во второй почти исчезаютъ. Дѣйствительно, нетрудно доказать на мультипликаторѣ магнитное дѣйствіе тока электрической машины, но тѣмъ не менѣе трудно было бы на этомъ токѣ *открыть* магнитное дѣйствіе. Далѣе, статическія дѣйствія на разстояніи, исходящія изъ полюсовъ гальваническаго элемента, тоже врядъ ли удалось бы наблюдать, если бы это явленіе не было извѣстно съ другой стороны, гдѣ оно выступаетъ въ яркой формѣ.

Если пожелать охарактеризовать обѣ области въ главныхъ чер-

тахъ, можно сказать, что въ первой области играютъ роль высокіе потенціалы и малыя количества, а во второй—небольшіе потенціалы и большія количества. Между разряжающейся банкой и гальваническимъ элементомъ существуетъ такое же отношеніе, какъ между духовымъ ружьемъ и органнымъ мѣхомъ: первое освобождаетъ вдругъ подъ очень высокимъ давленіемъ небольшое количество воздуха, а второй освобождаетъ постепенно подъ очень слабымъ давленіемъ большое количество воздуха.

Принципіально ничто не мѣшало бы сохранить электростатическія мѣры и въ области гальваническаго электричества и измѣрять, напримѣръ, силу тока числомъ электростатическихъ единицъ, проходящихъ черезъ поперечный разрѣзъ проводника въ секунду. Но это было бы не практично въ двухъ отношеніяхъ. Во-первыхъ, были бы оставлены безъ вниманія магнитныя свойства тока, дающія столь удобные опорные пункты для измѣренія, и это было бы сдѣлано для измѣренія, которое можетъ быть выполнено надъ токомъ лишь съ трудомъ и съ малой дозой точности. Во-вторыхъ, была бы примѣнена слишкомъ малая единица, откуда получилось бы то затрудненіе, въ которомъ оказался нѣкій астрономъ, захотѣвшій измѣрять небесныя пространства не въ радіусахъ земли и земной орбиты, а въ метрахъ. Ибо токъ, принятый за единицу въ области гальваническаго электричества (въ системѣ *C.—G.—S.*), равенъ 30.000.000.000 (30 тысячъ милліоновъ) электростатическихъ единицъ, проходящихъ черезъ поперечный разрѣзъ проводника въ секунду. Поэтому, здѣсь должны быть выбраны другія мѣры, но подробнѣе на этомъ останавливаться не входитъ уже въ мою задачу [1]).

---

[1]) [Нетрудно замѣтить, что для объясненія данныхъ наблюденія можно исходить изъ *каждаго* изъ понятій *Q, V, W*. Оба другія понятія могутъ быть тогда выражены черезъ первое, которое выбрано въ качествѣ основного понятія, и необходимыя постоянныя величины. *Кулонъ* исходитъ изъ понятія количества электричества, *Кавендишъ*—изъ понятія потенціала, а *Риссъ* (правда, не вполнѣ сознавая это) изъ понятія энергіи. Воздушный термометръ послѣдняго есть собственно *калориметръ* съ искрой, которому съ пользой можно придать форму ледяного калориметра *Бунзена*, и тогда онъ можетъ служить и для другихъ изслѣдованій (теплоты плавленія и превращенія въ пары металловъ и т. д.). Мы освобождаемся отъ случайностей объясненія явленій, если мы представляемъ себѣ послѣдствія, вытекающія изъ измѣненія исторической послѣдовательности, въ которой были сдѣланы *независимыя* другъ отъ друга открытія. См. также мои книги «Принципъ сохраненія работы», «Механику», а также слѣдующую статью XII.—1902].

XII.

Принципъ сохраненія энергіи [1]).

Въ 1847 г. знаменитый физикъ *Джоуль* прочиталъ популярную лекцію [2]), отличавшуюся большой простотой и ясностью. Онъ доказывалъ въ ней, что живая сила, которую получаетъ тяжелое тѣло при своемъ паденіи съ извѣстной высоты и которую оно сохраняетъ въ формѣ опредѣленной скорости, *эквивалентна* притяженію на разстояніи пути паденія и что было бы «абсурдомъ» допустить, что эта живая сила можетъ быть уничтожена безъ возстановленія этого эквивалента. Онъ прибавляетъ затѣмъ: «Вы будете, поэтому, удивлены, если я скажу вамъ, что очень недавно еще общее мнѣніе было таково, что живая сила можетъ быть совершенно и навсегда уничтожена по нашему произволу» [3]). Прибавьте сюда, что въ настоящее время, по истеченіи 47 лѣтъ, *законъ сохраненія энергіи* считается во всемъ культурномъ мірѣ совершенно неоспоримой истиной и что во всѣхъ областяхъ естествознанія онъ находитъ самое плодотворное примѣненіе.

Судьба всѣхъ объясненій, имѣющихъ важное значеніе, очень сходна. При первомъ своемъ появленіи они большинствомъ людей принимаются за заблужденія. Такъ, первая работа *Р. Майера* о принципѣ сохраненія энергіи (1842) была отвергнута первымъ нѣмецкимъ физическимъ журналомъ, и не лучшая судьба постигла и

---

[1]) Глава эта есть свободная переработка одной части моего сочиненія «Принципъ сохраненія работы» (есть русскій переводъ) и впервые была напечатана по англійски въ журналѣ «The Monist» Vol. 5, стр. 22.

[2]) On Matter, Living Force, and Heat, Joule scientific Papers, London 1884 стр. 265.

[3]) «You will therefore be surprised to hear that until very *recently* the universal opinion has been that living force could be absolutely and irrevocably *destroyed* at any one's option».

статью *Гельмгольца* (1847). Даже *Джоуль*, судя по словамъ *Playfair'а*, встрѣчалъ затрудненія въ опубликованіи перваго своего труда (1843). Но постепенно распространяется сознаніе, что новый взглядъ давно уже подготовленъ и давно созрѣлъ и что только нѣсколько выдающихся умовъ приняли его раньше другихъ, чѣмъ они и вызвали оппозицію большинства. По мѣрѣ того, какъ обнаруживается плодотворность новаго взгляда, по мѣрѣ его успѣховъ, растетъ и довѣріе къ нему. Большинство людей, пользующихся этимъ взглядомъ, *не можетъ* входить въ подробное изученіе его; оно принимаетъ успѣхъ за доказательство основательности. Такъ можетъ случиться, чтобы воззрѣніе, приведшее къ самымъ выдающимся открытіямъ, какъ, напримѣръ, теорія теплоты *Блэка*, впослѣдствіи въ другой области, гдѣ оно примѣнено быть не можетъ, послужило помѣхой прогрессу, дѣлая людей слѣпыми къ фактамъ, не соотвѣтствующимъ излюбленной теоріи. Чтобы оградить теорію отъ такой сомнительной роли, необходимо отъ времени до времени подвергать самому тщательному изслѣдованію основанія и мотивы ея развитія и существованія.

Механической работой можно вызвать различнѣйшія физическія измѣненія (термическія, электрическія, химическія и т. д.). При востановленіи прежнихъ состояній опять получается механическая работа, точно въ такомъ же количествѣ, какое было необходимо, чтобы вызвать востановленныя потомъ измѣненія. Въ этомъ заключается *принципъ сохраненія энергіи*. Для обозначенія того не уничтожающагося нѣчто, мѣрою котораго служитъ механическая *работа*, мало-по-малу вошло въ употребленіе названіе *энергіи* [1]). Какъ же мы пришли къ этому? Изъ какихъ источниковъ почерпнули мы это познаніе? Этотъ вопросъ имѣетъ громадный интересъ не только самъ по себѣ, но и въ силу указанной выше причины.

Мнѣнія о тѣхъ основахъ, на которыхъ покоится законъ энергіи, въ настоящее время еще сильно расходятся. Нѣкоторые сводятъ принципъ сохраненія энергіи къ невозможности *perpetuum mobile*, которую они считаютъ или достаточно доказанной на опытѣ или даже само собою разумѣющейся. Въ области чистой механики невозможность *perpetuum mobile*, т. е. непрерывнаго произведенія *работы* безъ *постояннаго*, *сохраняющагося* измѣненія, можетъ быть легко доказана. Если, поэтому, исходить изъ того взгляда, что *всѣ* физическія явленія представляютъ собой только явленія *механи-*

---

[1]) Названіе это впервые ввелъ, повидимому, въ *механику Т. Юнгъ*.

ческія, движенія молекулъ и атомовъ, то не трудно понять, основываясь на этомъ *механическомъ* пониманіи физики, и невозможность *perpetuum mobile* въ области *всей* физики вообще. Такого мнѣнія въ настоящее время придерживается большинство ученыхъ. Другіе же изслѣдователи допускаютъ только чисто *экспериментальное* обоснованіе закона энергіи.

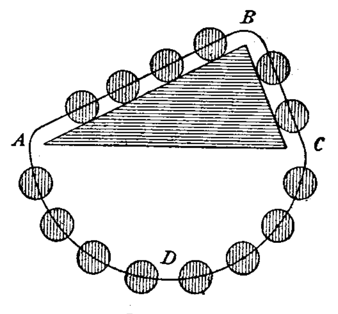
Изъ дальнѣйшаго будетъ видно, что на самамъ дѣлѣ *всѣ* затронутые нами моменты участвовали въ развитіи этого взгляда, но что при этомъ кромѣ того весьма существенную роль играла до сихъ поръ мало обращавшая на себя вниманіе *логическая* и чисто *формальная* потребность.

1. Принципъ исключеннаго perpetuum mobile.

Законъ энергіи въ его современной формѣ не тождественъ съ принципомъ исключеннаго perpetuum mobile, но все же стоитъ съ нимъ въ тѣсной связи. Но этотъ послѣдній принципъ вовсе не новъ, потому что въ области механики имъ руководствовались при своихъ изслѣдованіяхъ величайшіе мыслители уже много столѣтій тому назадъ. Я позволю себѣ подтвердить это нѣсколькими историческими примѣрами:

Въ своей книгѣ «Hypomnemata mathematica» (Tom. IV, de Statica, Leyden 1605) на стр. 34 *Стевинъ* обсуждаетъ вопросъ о равновѣсіи на наклонной плоскости.

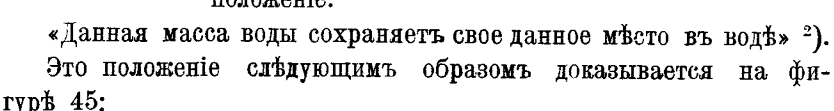
На трехсторонней призмѣ *ABC* (она представлена въ разрѣзѣ на фиг. 1) съ горизонтальной стороной *AB* виситъ замкнутая веревка, на которой равномѣрно распредѣлены 14 равно-тяжелыхъ шаровъ. Такъ какъ нижнюю симметричную часть веревки *ADC* можно мысленно не принимать во вниманіе, *Стевинъ* заключаетъ, что четыре шара на *AB* уравновѣшиваютъ два шара на *AC*. Ибо, будь равновѣсіе въ одинъ какой-нибудь моментъ нарушено, оно не могло бы существовать никогда, веревка должна была бы вращаться всегда въ одномъ и томъ же направленіи, мы имѣли бы perpetuum mobile.



Фиг. 44.

«Но будь это такъ, рядъ шаровъ (или цѣпь) долженъ былъ бы занимать то же положеніе, что и раньше, по той же причинѣ во-

семь шаровъ лѣвыхъ должны были бы быть болѣе тяжелы, чѣмъ шесть правыхъ, и, слѣдовательно, эти восемь должны были бы опускаться внизъ, а тѣ шесть—подниматься вверхъ, такъ что всѣ шары совершали бы непрерывное и вѣчное движеніе, чего быть не можетъ» [1]).



Фиг. 45.

Отсюда *Стевинъ* легко выводитъ законы равновѣсія для наклонной плоскости и очень много другихъ плодотворныхъ положеній.

Въ главѣ «Гидростатика» того же сочиненія на страницѣ 114 онъ выставляетъ слѣдующее положеніе:

«Данная масса воды сохраняетъ свое данное мѣсто въ водѣ» [2]).

Это положеніе слѣдующимъ образомъ доказывается на фигурѣ 45:

«Итакъ, допустимъ, что *A* (если бы это какимъ либо образомъ могло происходить естественнымъ образомъ), не сохраняетъ своего мѣста, а спадаетъ въ *D*; слѣдуя за нимъ, вода по той же причинѣ стекала бы въ *D* и отсюда по той же причинѣ стекала бы дальше, такъ что эта вода (такъ какъ вездѣ существуетъ одна и та же причина) представляла бы примѣръ непрерывнаго движенія, что абсурдно» [3]).

Отсюда выводятся всѣ положенія гидростатики. По этому же поводу *Стевинъ* впервые развиваетъ ту, столь плодотворную для современной аналитической механики, мысль, что отъ прибавленія неподвижныхъ связей равновѣсіе системы не нарушается. Пользуясь этимъ замѣчаніемъ, въ настоящее время выводятъ, какъ извѣстно, правило сохраненія центра тяжести, напримѣръ, изъ принципа *д'Аламбера*.

Если бы мы захотѣли въ настоящее время воспроизвести демонстраціи *Стевина*, то, конечно, должны были бы нѣсколько видоизмѣнить ихъ. Для насъ не составляетъ никакой трудности пред-

---

[1]) „Atqi hoc si sit, globorum series sive corona eundem situm cum priore habebit, eademque de causa octo globi sinistri ponderosiores erunt sex dextris, ideoque rursus octo illi descendent, sex illi ascendent, istique globi ex sese continuum et aeternum motum efficient, quod est falsum".

[2]) „Aquam datam, datam sibi intra aquam locum servare".

[3]) „A igitur (si ullo modo per naturam fieri possit) locum sibi tributum non servato, ac delabatur in *D*, quibus positis aqua quae ipsi *A* succedit eandem ob causam deffluet in *D*, eademque ab alia instinc expelletur, atque adeo aqua haec (cum ubique eadem ratio sit) motum instituet perpetuum, quod absurdum fuerit."

ставлять себѣ, абстрагируя сопротивленія, веревку на призмѣ въ безконечномъ равномѣрномъ движеніи. Напротивъ, мы возражали бы противъ допущенія ускореннаго движенія или также противъ допущенія равномѣрнаго движенія при неустраненныхъ сопротивленіяхъ. Можно также для большей ясности доказательства цѣпь шаровъ замѣнить *тяжелой* равномѣрной безконечно гибкой веревкой.

Все это не измѣняетъ ничего въ историческомъ значеніи изслѣдованій *Стевина*. Фактъ тотъ, что *Стевинъ* выводитъ изъ принципа невозможности perpetuum mobile истины, повидимому, гораздо болѣе простыя.

Въ ходѣ идей, который приводитъ *Галилея* къ его открытіямъ, значительную роль играетъ положеніе, что съ достигнутой въ своемъ паденіи скоростью тѣло можетъ подниматься именно настолько высоко, насколько оно упало. Это положеніе, часто и съ большой ясностью выступающее у *Галилея*, есть, вѣдь, только другая форма принципа исключеннаго perpetuum mobile, что мы увидимъ у *Гюйгенса*.

Общеизвѣстно, что *Галилей* нашелъ законъ равномѣрно ускореннаго движенія падающаго тѣла при помощи умозрѣнія, какъ «самое простое и естественное». До этого онъ принялъ другой законъ, но потомъ отъ него отказался. Чтобы провѣрить свой законъ паденія, онъ приступилъ къ своимъ опытамъ надъ паденіемъ тѣлъ по наклонной плоскости и при этомъ опредѣлялъ времена паденія по вѣсу воды, вытекающей изъ сосуда тонкой струей. Исходилъ онъ изъ того основного положенія, что достигнутая на наклонной плоскости скорость всегда соотвѣтствуетъ вертикальной высотѣ паденія. Это положеніе вытекаетъ для него изъ того, что тѣло, упавшее по наклонной плоскости, можетъ подниматься по другой наклонной плоскости, съ любымъ угломъ наклона, со своей скоростью не выше вертикальной высоты первой наклонной плоскости. Это положеніе о высотѣ поднятія тѣла привело его, повидимому, и къ закону инерціи. Послушаемъ собственныя его геніальныя разсужденія въ dialogo terzo. Opere. Padova. 1744. Том. III.

На стр. 96 мы читаемъ:

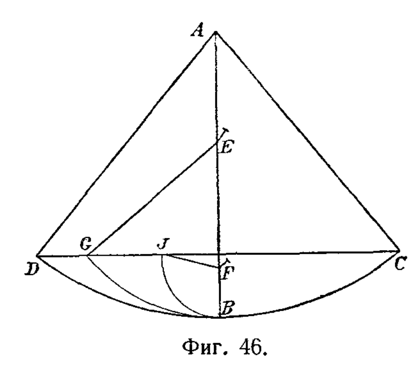
«Я принимаю, что скорости движенія одного и того-же тѣла по различнымъ наклоннымъ плоскостямъ тогда равны, когда равны вертикальныя высоты этихъ плоскостей» [1]).

---

[1]) „Accipio. gradus velocitatis ejusdem mobilis super diversas planorum

Къ этому онъ заставляетъ *Сальвіати* въ діалогѣ замѣтить слѣдующее:

„Вы разсуждаете весьма правдоподобно, но я хотѣлъ-бы увеличить эту правдоподобность, подтвердивъ ее опытомъ такъ, чтобы она почти имѣла силу необходимаго доказательства. Представьте себѣ, что этотъ листъ—вертикальная стѣна и что на гвоздѣ, прикрѣпленномъ къ ней, подвѣшенъ перпендикулярно къ горизонту на тонкой нити *AB*, длиной въ 2—3 локтя, свинцовый шарикъ, вѣсомъ въ 1—2 унціи. На стѣнѣ проведите горизонтальную линію *DC* подъ прямымъ угломъ къ перпендикуляру *AB*, который отстоитъ, допустимъ, отъ стѣны приблизительно на два дюйма. Перемѣстите потомъ нить *AB* съ шарикомъ въ положеніе *AC* и оставьте шарикъ въ покоѣ. (Фиг. 46). Вы увидите, что онъ опишетъ дугу *CBD* и настолько перейдетъ черезъ точку *B*, что, описавъ дугу *BD*, почти подымется до линіи *CD*, опоздавъ только на маленькій кусокъ, такъ какъ точному прибытію къ этому пункту мѣшаетъ сопротивленіе воздуха и нити. Отсюда мы можемъ съ большой правдоподобностью заключить, что импульсъ, полученный отъ паденія шарикомъ въ точкѣ *B* при описываніи дуги *CB*, достаточенъ, чтобы заставить шарикъ подняться по дугѣ *BD* на ту же самую высоту. Сдѣлавши это и повторивъ этотъ опытъ нѣсколько разъ, вобьемъ въ стѣну гвоздь въ точкѣ *E* и затѣмъ въ точкѣ *F* такъ, чтобы онъ выступалъ на 5 или 6 дюймовъ. Сдѣлаемъ это для того, чтобы нить *AC*, когда шарикъ по дугѣ *CB* дойдетъ до точки *B*, зацѣпилась за гвоздь и была бы принуждена продолжать свой путь по окружности *BG*, описанной вокругъ центра *E*. Мы увидимъ, что сдѣлаетъ та скорость, которая раньше доводила шарикъ по дугѣ *BD* до высоты горизонтальной линіи *CD*. Теперь, господа, вы съ удовольствіемъ увидите, что шарикъ подойдетъ къ горизонтальной линіи въ точкѣ *G*. Тоже самое произойдетъ, если вы помѣстите препятствіе ниже въ точкѣ *F*: шарикъ тогда опишетъ дугу *BJ*, всегда заканчивая свое движеніе точно на линіи *CD*. Если бы



Фиг. 46.

inclinationes acquisitos tunc esse aequales, cum eorundem planorum elevationes aequales sint".

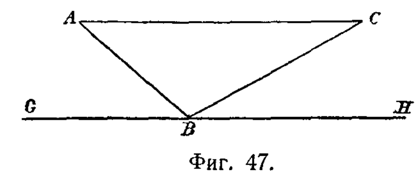
препятствующій гвоздь былъ помѣщенъ такъ низко, что нить изъ-за него не могла бы дойти до высоты *CD* (что случилось бы, если бы онъ былъ ближе къ точкѣ *B*, чѣмъ къ пересѣченію *AB* съ горизонтальной линіей *CD*), то нить, дойдя до гвоздя, обернулась бы вокругъ него. Этотъ опытъ не оставляетъ сомнѣній въ правильности выставленнаго нами положенія: такъ какъ обѣ дуги *CB* и *DB* равны и симметрично расположены, то моментъ, достигнутый движеніемъ по дугѣ *CB*, равняется моменту движенія по дугѣ *DB*; но моментъ въ точкѣ *B*, созданный движеніемъ по дугѣ *CB*, можетъ толкнуть вверхъ то же подвижное тѣло по дугѣ *BD*. Вслѣдствіе этого моментъ, пріобрѣтенный при паденіи по дугѣ *DB*, равняется тому моменту, который толкаетъ то же самое подвижное тѣло по той же дугѣ отъ точки *B* къ точкѣ *D*. И вообще всякій моментъ, пріобрѣтенный при паденіи по дугѣ, равняется тому моменту, который можетъ поднять то же тѣло по той же дугѣ; но всѣ моменты, которые могутъ поднять тѣло по дугамъ *BD*, *BG*, *BJ* равны между собой, такъ какъ они всѣ развились паденіемъ по дугѣ *CB*, какъ это доказываетъ опытъ; поэтому и всѣ моменты, которые развились паденіемъ по дугамъ *DB*, *GB*, *JB*, равны между собою“ [1]).

---

[1]) Voi molto prababilmente discorrete, ma oltre al veri simile voglio con una esperienza crescer tanto la probabilità che poco gli manchi all'agguagliarsi ad una ben necessaria dimostrazione. Figuratevi questo foglio essere una parete eretta al orizzonte, e da un chiodo fitto in essa pendere una palla di piombo d'un'oncia, o due, sospesa dal sottil filo AB lungo due, o tre braccia perpendicolare all'orizzonte, e nella parete segnate una linea orrizontale DC segante a squadra il perpendicolo AB, il quale sia lontano dalla parete due dita in circa, transferendo poi il filo AB colla palla in AC, lasciata essa palla in libertà, la quale primieramente, vedrete scendere descrivendo l'arco CBD, e di tanto trapassare il termine B, che scorrendo per l'arco BD, sormonterà fino quasi alla segnata parallela CD, restando di per vernirvi per piccolissimo intervallo toltogli il precisamente arrivarvi dall' impedimento dell'aria, e del filo. Dal che possiamo veracemente concludere, che l'impeto acquistato nel punto B dalla palla nello scendere per l'arco CB, fu tanto, che bastò a risospingersi per un simile arco BD alla medesima altezza; fatta, e più volte reiterata cotale esperienza, voglio, che fiechiamo nella parete rasente al perpendicolo AB un chiodo come in E ovvero in F, che sporga in fuori cinque, o sei dita, e questo acciocchè il filo AC tornando come prima a riportar la palla C per l'arco CD, giunta che elle sia in B, intoppando il filo nel chiodo E, sia costretta a camminare per lacirconferenza BG descritta intorno al centro E, dal che vedremo quello, che potrà far quel medesimo impeto, che dianzi concepizo nel medesimo termine B, sospinse l'istesso mobile per l'arco ED all'altezza dell'orizzontale CD. Ora, Signori, voi vedrete con gusto condursi la palla all'orizzontale nel punto G, e l'istesso accadere, l'intoppo si metesse più basso come in F, dove la palla descriverebbe

Замѣчаніе, сдѣланное относительно маятника, сейчасъ же переносится на наклонную плоскость и приводитъ къ закону инерціи. На стр. 124 мы читаемъ:

«Извѣстно уже, что если тѣло, находившееся въ покоѣ въ точкѣ A, движется внизъ по пути AB, то скорость его возрастаетъ пропорціонально приращенію времени; въ точкѣ B скорость его наибольшая и остается по своей природѣ неизмѣнной, если причина ускоренія или замедленія устранена: она возрастаетъ, если тѣло продолжаетъ двигаться внизъ по другой наклонной плоскости, и убываетъ, если тѣло двигается вверхъ по наклонной плоскости BC; по горизонтальному же пути GH тѣло можетъ двигаться почти съ той же скоростью, которую оно имѣетъ въ точкѣ B, до безконечности» [1]).



Фиг. 47.

Гюйгенсъ, этотъ во всѣхъ своихъ работахъ послѣдователь *Галилея*, даетъ закону инерціи болѣе точное выраженіе и обобщаетъ правило относительно высоты поднятія, оказавшееся столь плодо-

l'arco BJ, terminando sempre la sua salita precisamente nella linea CD, e quando l'intoppe del chiodo fusse tanto basso, che l'avanzo del filo sotto di lui non arivasse all'altezza di CD (il che accaderebbe, quando fusse più vicino al punto B, che al segamento dell'AB coll'orizzontale CD), allora il filo cavalcherebbe il chiodo, e segli avolgerebbe intorno. Questa esperienza non lascia luogo di dubitare della verità del supposto: imperocchè essendo li due archi CB, DB equali e similmento posti, l'acquisto di momento fatto per la scesa nell'arco CB e il medesimo, che il fatto per la scesa dell'arco DB; ma il momento acquistato in B per l'arco CB è potente a risospingere in su il medesimo mobile per l'arco BD; adunque anco il momento acquistato nella scesa DB è eguale a quello, che sosbigne l'istesso mobile pel medisimo arco da B in D, sicche universalmente ogni momento acquistato per la scesa dun arco è eguale a quello, che può far risalire l'istesso mobile pel medesimo arco: ma i momenti tutti che fanno risalire per tutti gli archi BD, BG, BJ sono eguali, poichè son fatti dal istesso medesimo momento acquistato per la scesa CB, come mostra l'esperienza; adunque tutti i momenti, che si acquistano per le scese negli archi DB, GB, JB sono eguail.

[1]) Constat jam, quod mobile ex quiete in A descendens per AB, gradus acquirit velocitatis juxta temporis ipsius incrementum· gradum vero in B esse maximum acquisitorum, et suapte natura imutabiliter impressum, sublatis scilicet causis accelerationis novae, aut retardationis: accelerationis inquam, si adhuc super extenso plano ulterius progrederetur; retardationis vero, dum super planum acclive BC fit reflexio: in horizontali autem GH aequabilis motus juxta gradum velocitatis ex A in B acquisitae in infinitum extenderétur.

творнымъ для *Галилея.* Этимъ правиломъ онъ пользуется для рѣшенія проблемы о центрѣ колебанія и вполнѣ ясно заявляетъ, что правило о высотѣ поднятія тождественно съ принципомъ исключеннаго perpetuum mobile. Приведемъ важныя мѣста изъ сочиненія *Гюйгенса*: Horologium oscillatorium, pars secunda. Гипотезы:

«Если бы не было тяжести и если бы воздухъ не препятствовалъ движенію тѣлъ, то всякое тѣло, разъ приведенное въ движеніе, продолжало бы его съ равной скоростью по прямой линіи» [1]).

Horologium, pars quarta. О центрѣ колебанія:

«Если какія нибудь тѣла силой своей тяжести начинаютъ двигаться, то общій центръ тяжести ихъ не можетъ подниматься выше того мѣста, гдѣ онъ находился въ началѣ движенія».

«Сама же наша гипотеза, какъ мы это покажемъ, чтобы устранить сомнѣнія, ничего другого не выражаетъ, какъ только то, чего никто никогда не отрицалъ, а именно, что тѣла тяжелыя (сами) не двигаются вверхъ. И, дѣйствительно, если бы ею умѣли пользоваться изобрѣтатели, въ тщетныхъ попыткахъ тратящіе свои усилія на изобрѣтеніе perpetuum mobile, они легко замѣтили бы собственныя свои заблужденія и поняли бы, что въ области механики нельзя признать такое изобрѣтеніе возможнымъ» [2]).

Можетъ быть, въ словахъ «mechanica ratione» скрывается извѣстная іезуитская задняя мысль. Можно на основаніи этихъ словъ подумать, что не механическое perpetuum mobile *Гюйгенсъ* считаетъ возможнымъ.

Яснѣе еще выражено обобщеніе принципа *Галилея* въ Propos. IV той же части книги *Гюйгенса*:

«Представимъ себѣ, что маятникъ, сложенный изъ нѣсколькихъ маятниковъ различнаго вѣса, выведенъ изъ состоянія покоя и,

---

[1]) „Si gravitas non esset, neque aër motui corporum officeret, unumquodque eorum, acceptum semel motum continuaturum velocitate aequabili, secundum lineam rectam".

[2]) „Si pondera quotlibet, vi gravitatis suae, moveri incipiant; non posse centrum gravitatis ex ipsis compositae altius, quam ubi incipiente motu reperiebatur, ascendere.

Ipsa vero hypothesis nostra quominus scrupulum moveat, nihil aliud sibi velle ostendemus, quam quod nemo unquam negavit, gravia nempe sursum non ferri.—Et sane, si hac eadem ubi scirent novorum operum machinatores, qui motum perpetuum irrito conatu moliuntur, facile suos ipsi errores deprehenderent, intelligerentque rem eam mechanica ratione haud quaquam possibilem esse".

послѣ того какъ онъ совершилъ какую-нибудь часть цѣлаго колебанія, раздѣленъ на составные маятники, которые съ полученной скоростью двигаются обратно и поднимаются до той или другой высоты; общій ихъ центръ тяжести вернется послѣ этого до той же высоты, на которой онъ находился раньше до начала колебанія» [1]).

Послѣднее положеніе есть обобщеніе для системы массъ того принципа, который былъ установленъ *Галилеемъ* для одной массы и, согласно разъясненіямъ *Гюйгенса*, представляетъ собою не что иное, какъ принципъ исключеннаго perpetuum mobile. На этомъ положеніи *Гюйгенсъ* обосновываетъ свою теорію центра колебанія. *Лагранжъ* называетъ этотъ принципъ *ненадежнымъ* и радуется тому, что *Якову Бернулли* удалось въ 1681 году свести теорію центра колебанія къ законамъ рычага, которые кажутся ему яснѣе. Надъ разрѣшеніемъ той же проблемы работали почти всѣ выдающіеся изслѣдователи XVII и XVIII столѣтій, и всѣ эти работы въ концѣ концовъ приводятъ въ связи съ принципомъ возможной скорости къ принципу, провозглашенному *д'Аламберомъ* (Traité de dynamique, 1743) и еще раньше примѣнявшемуся въ нѣсколько другой формѣ *Эйлеромъ и Германномъ*.

Кромѣ того положеніе *Гюйгенса* о высотѣ поднятія становится основой для закона сохраненія живой силы и принципа сохраненія силы вообще, провозглашеннаго *Іоганномъ и Даніэлемъ Бернулли* и нашедшаго столь плодотворное примѣненіе въ особенности въ гидродинамикѣ послѣдняго. Эти положенія *Бернулли* только по формѣ выраженія отличаются отъ позднѣйшей формулы *Лагранжа*.

Способъ, которымъ *Торричелли* пришелъ къ своей знаменитой теоремѣ истеченія жидкостей, снова приводитъ къ нашему принципу. *Торричелли* сдѣлалъ допущеніе, что истекающая изъ отверстія въ днѣ сосуда жидкость при помощи своей скорости истеченія можетъ подняться не выше, чѣмъ она стоитъ въ сосудѣ.

Разсмотримъ еще одинъ пунктъ, относящійся къ чистой механикѣ, именно, исторію принципа возможнаго (виртуальнаго) движенія. Принципъ этотъ не былъ провозглашенъ *Галилеемъ*, какъ

---

[1]) „Si pendulum e pluribus ponderibus compositum, atque e quiete dimissum, partem quamcunque oscillationis integrae confecerit, atque inde porro intelligantur pondera ejus singula, relicto communi vinculo, celeritates acquisitas sursum convertere, ac quousque possunt ascendere; hoc facto centrum gravitatis ex omnibus compositae, ad eandem altitudinen reversum erit, quam ante inceptam oscillationem obtinebat“.

это обыкновенно утверждаютъ и какъ полагаетъ и *Лагранжъ*, а во всякомъ случаѣ былъ провозглашенъ раньше *Стевиномъ*. Въ своей Trochleostatica, части названнаго выше сочиненія, на стр. 172 онъ говоритъ:

«Замѣтимъ еще здѣсь, что существуетъ слѣдующая аксіома въ статикѣ: «Какъ разстояніе дѣйствующаго относится къ разстоянію подвергающагося воздѣйствію, такъ сила подвергающагося воздѣйствію относится къ силѣ дѣйствующаго» [1]).

Какъ извѣстно, *Галилей* замѣтилъ правильность принципа при изученіи простыхъ машинъ и изъ него же вывелъ законы равновѣсія жидкостей.

Торричелли сводитъ принципъ къ свойствамъ центра тяжести. Пусть въ какой-нибудь простой машинѣ сила и сопротивленіе представлены черезъ привѣшенные грузы. Для равновѣсія системы необходимо, чтобы общій центръ тяжести привѣшенныхъ грузовъ не падалъ. И наоборотъ, если центръ тяжести не можетъ падать, то равновѣсіе существуетъ, ибо тяжелыя тѣла сами не могутъ подыматься вверхъ. Въ этой формѣ, слѣдовательно, принципъ возможной скорости тождественъ съ принципомъ невозможности perpetuum mobile *Гюйгенса*.

Іоганнъ Бернулли впервые въ 1717 году признаетъ въ письмѣ къ *Вариньону* общее значеніе принципа возможнаго движенія для любыхъ системъ.

Наконецъ, *Лаграпжъ* даетъ общее доказательство принципа и кладетъ его въ основу всей своей аналитической механики. Но это общее доказательство основывается въ сущности только на замѣчаніяхъ *Гюйгенса и Торричелли*.

Лагражъ, какъ извѣстно, представляетъ себѣ въ направленіяхъ дѣйствующихъ въ системѣ силъ родъ простого полиспаста, перебрасываетъ нить черезъ всѣ блоки и къ послѣднему изъ нихъ подвѣшиваетъ грузъ, являющійся общей мѣрой всѣхъ дѣйствующихъ въ системѣ силъ. Число элементовъ каждаго отдѣльнаго полиспаста легко выбрать такъ, чтобы соотвѣтственная сила дѣйствительно была имъ замѣнена. Тогда ясно, что если подвѣшенный къ послѣднему блоку грузъ не можетъ опускаться внизъ, въ системѣ существуетъ равновѣсіе, ибо тяжелыя тѣла сами не могутъ подниматься вверхъ.

---

[1]) „Notare autem hic illud staticum axioma etiam locum habere:
„Ut spatium agentis ad spatium patientis
Sic potentia patientis ad potentiam agentis“

Кто не хочетъ идти такъ далеко, а хочетъ остаться ближе къ позиціи *Торричелли,* тотъ можетъ представить себѣ каждую силу системы въ отдѣльности замѣщенной особымъ грузомъ, висящимъ на нити, переброшенной черезъ блокъ, который находится въ направленіи силы, и укрѣпленной въ точкѣ приложенія силы. Равновѣсіе существуетъ, когда общій центръ тяжести всѣхъ грузовъ не можетъ опускаться внизъ. Основнымъ допущеніемъ этого доказательства является, очевидно, невозможность perpetuum mobile.

Лагранжъ неоднократно старался дать вполнѣ удовлетворительное доказательство, свободное отъ чуждыхъ элементовъ, но это ему не удалось вполнѣ. Не удавалось это, повидимому, и другимъ.

Такъ вся механика основана на мысли, которая кажется если и не сомнительной, то все же чуждой и не того же происхожденія, что и остальныя основныя положенія и аксіомы механики. Всякій, кто занимается механикой, чувствуетъ неловкость этого состоянія, всякій желаетъ ея устраненія, но рѣдко это желаніе выражается громогласно. И вотъ молодой ученый чувствуетъ высокое удовлетвореніе, прочитавъ у такого мастера, какъ *Пуансо,* въ его Théorie générale de l'equilibre et du mouvement des systèmes слѣдующее мѣсто, въ которомъ онъ высказывается относительно аналитической механики.

«Такъ какъ въ этомъ сочиненіи было прежде всего обращено вниманіе на это прекрасное развитіе механики, которая, казалось, вся исходитъ изъ одной только формулы, то, естественно, полагали, что наука завершена и что остается только найти доказательства принципа возможныхъ скоростей. Но этимъ были снова возстановлены всѣ тѣ трудности, которыя, казалось, были преодолѣны самимъ принципомъ. Этотъ столь общій законъ, въ которомъ смѣшаны смутныя и чуждыя идеи безконечно малыхъ движеній и нарушеній равновѣсія, не выдержалъ, такъ сказать, испытанія. Такъ какъ книга Лагранжа не даетъ ничего болѣе, кромѣ ряда вычисленій, то вполнѣ очевидно, что она не внесла больше свѣта въ механику, ибо неясныя ея стороны были, такъ сказать, заложены въ самомъ корнѣ этой науки».

«Чтобы получить общее доказательство принципа возможныхъ скоростей, вся механика должна быть построена на совершенно другой основѣ: доказательство закона, охватывающаго цѣлую науку, должно быть ни чѣмъ инымъ, какъ сведеніемъ этой науки къ другому закону, тоже общему, но очевидному, или, по крайней мѣрѣ,

болѣе простому, чѣмъ первый, и дѣлающему, слѣдовательно, этотъ первый законъ безполезнымъ» [1]).

Такимъ образомъ доказать принципъ возможнаго движенія значитъ для *Пуансо* преобразовать всю механику.

Другое непріятное для математиковъ обстоятельство заключается въ томъ, что въ томъ историческомъ состояніи, въ которомъ находится въ настоящее время механика, динамика основана на статикѣ, а между тѣмъ желательно было бы, чтобы въ наукѣ, претендующей на дедуктивное завершеніе, болѣе спеціальныя положенія статики легко могли быть выведены изъ болѣе общихъ положеній динамики.

Это желаніе находитъ выраженіе у другого великаго ученаго, именно у *Гаусса*. Выставивъ свой принципъ наименьшаго принужденія (Crelle's Journal IV Bd, стр. 233), онъ говоритъ: «Какъ ни естественно то, что при постепенномъ развитіи науки и при изученіи ея отдѣльнымъ индивидуумомъ болѣе легкое предшествуетъ болѣе трудному, болѣе простое—болѣе сложному, частное—общему, тѣмъ не менѣе нашъ духъ, разъ достигшій высшей точки развитія, все же требуетъ и обратнаго пути и тогда вся статика представляетъ лишь частный случай механики. Принципъ *Гаусса* есть, дѣйствительно, принципъ общій, но только жаль, что это не видно непосредственно и что *Гауссъ* вывелъ его съ помощью принципа *д'Аламбера*, вслѣдствіе чего все осталось по старому.

Откуда же эта странная роль, которую играетъ въ механикѣ принципъ возможнаго движенія? На это я покуда отвѣчу слѣдующее. Трудно мнѣ будетъ описать разницу въ впечатлѣніи, которое про-

[1]) „Cependant, comme dans cet ouvrage on ne fut d'abord attentif qu'à considèrer ce beau dévelеppement de la mécanique, qui semblait sortir tout entière d'une seule et même formule, on crut naturellement que la science était faite, et qu'il ne restait plus qu'á chercher la demonstration du principe des vitesses virtuelles. Mais cette recherche ramena toutes les difficultés qu'on avait franchies par le principe même. Cette loi si générale, ou se mêlent des idées vagues et étrangeres de mouvements infinement petits et de perturbation d'équilibre, ne fit en quelque sorte que s'obsurcir á l'examen; et le livre de Lagrange n'offrant plus alors rien de clair que la marche des calculs, on vit bien que les *nuages n'avaient paru levé sur le cours de la mécanique* que parcequ' ils étaient, pour ainsi dire, rassemblés á l'origine même de cette science.

Une démonstration générale du principe des vitesses virtuelles devait au fond revenir a établir la mécanique entière sur une autre base: car la demonstration d'une loi qui embrasse toute une science ne peut être autre chose, que la reduction de cette science à une autre loi aussi générale, mais evidente, ou du moins plus simple que la premiére et qui partant la rende inutile".

извело на меня доказательство принципа *Ланграпжемъ*, прочитанное мной впервые во время моего студенчества, и впослѣдствіи еще разъ послѣ того, какъ я занимался историческими изслѣдованіями. Раньше доказательство это показалось мнѣ нелѣпымъ и именно изъ-за блоковъ и нитей. Тѣ и другія казались мнѣ не подходящими для математическаго изслѣдованія и дѣйствіе ихъ я предпочелъ бы распознавать изъ самаго принципа, чѣмъ предположить извѣстнымъ. Но послѣ того, какъ я изучалъ исторію механики, я лучшаго доказательства не могу себѣ представить.

Въ дѣйствительности, во всей механикѣ почти все достигается при помощи все того же принципа исключеннаго perpetuum mobile, который такъ не нравится *Лагранжу* и которымъ онъ тѣмъ не менѣе самъ пользуется, по крайней мѣрѣ, въ скрытомъ видѣ, въ своихъ доказательствахъ. Стоитъ дать этому принципу правильную постановку и правильное опредѣленіе, чтобы парадоксальное стало естественнымъ.

Итакъ, принципъ исключительнаго perpetuum mobile, разумѣется не *новое* открытіе; въ теченіе 300 лѣтъ имъ руководствуются величайшіе изслѣдователи. Но съ другой стороны принципъ этотъ не можетъ собственно *основываться* на познаніяхъ механики. Ибо убѣжденіе въ правильности его существуетъ задолго до развитія этой науки и именно это убѣжденіе вліяетъ на само это развитіе. Очевидно, слѣдовательно, что эта *убѣдительная сила* должна имѣть болѣе общіе и болѣе глубокіе корни. Мы вернемся еще къ этому пункту.

2. Механическая физика.

Врядъ-ли кто нибудь станетъ отрицать тотъ фактъ, что отъ *Демокрита* вплоть до новѣйшаго времени существовало несомнѣнное стремленіе къ механическому объясненію всѣхъ физическихъ процессовъ. Если оставить въ сторонѣ всѣ болѣе старыя неясныя формулировки, то мы можемъ еще у *Гюйгенса* [1]) прочесть слѣдующее:

«Не подлежитъ никакому сомнѣнію, что свѣтъ заключается въ движеніи какого-нибудь вещества. Ибо, если мы обратимся къ вопросу о происхожденіи его, то мы найдемъ, что здѣсь на землѣ его создаютъ огонь и пламя, которые, безъ сомнѣнія, содержатъ тѣла въ сильномъ движеніи, потому что они разлагаютъ и распла-

---

[1]) Traidé de la lumiére. A. Leide. 1690 стр. 2.

вляютъ множество весьма твердыхъ тѣлъ. Если же мы обратимся къ его дѣйствіямъ, мы увидимъ, что собранный вогнутымъ зеркаломъ свѣтъ обладаетъ способностью жечь, какъ огонь, т. е. что онъ разъединяетъ части тѣлъ. Это, несомнѣнно, указываетъ на движеніе, по крайней мѣрѣ, для истинной философіи, которая всѣ естественныя дѣйствія сводитъ къ *механическимъ* причинамъ. Такъ, по моему мнѣнію, необходимо дѣлать, если мы не хотимъ совсѣмъ отказаться отъ надежды что-нибудь понять въ физикѣ» [1]).

С. Карно [2]) вводя принципъ исключеннаго perpetuum mobile въ ученіе о теплотѣ, говоритъ въ свое оправданіе слѣдующее:

«Намъ, можетъ быть, возразятъ, что была доказана невозможность perpetuum mobile только для процессовъ механическихъ, но оно можетъ быть возможно въ примѣненіи къ теплотѣ или электричеству. Но можно-ли въ явленіяхъ теплоты или электричества усматривать что нибудь другое, кромѣ движеній извѣстныхъ тѣлъ, а если такъ, то не должны-ли они удовлетворять общимъ законамъ механики?» [3])

Эти примѣры, которые можно было-бы приводить безъ конца, пользуясь цитатами изъ сочиненій новѣйшаго времени, показываютъ, что стремленіе объяснить все механически дѣйствительно существуетъ. И это стремленіе также *объяснимо*. Механическіе процессы, какъ простыя движенія въ пространствѣ и времени, *наиболѣе доступны* наблюденію и изслѣдованію съ помощью тѣхъ изъ нашихъ чувствъ, органы которыхъ отличаются высшей организа-

---

[1]) L'on ne sçaurait douter que la lumière ne consiste dans *le mouvement* de certaine matière. Car soit qu'on regarde sa production, on trouve qu'içi sur la terre c'est principalement le feu et la flamme qui l'engendrent, lesquels contient sans doute des corps qui sont dans un mouvement rapide, puis qu'ils dissolvent et fondent plusieurs autres corps des plus solides: soit qu'on regarde ses effets, on voit que quand la lumière est ramassée, comme par des miroires concaves, elle a la vertu de brûler comme le feu, c'est-à-dire qu'elle desunit les parties des corps; ce qui marque assurément du *mouvement*, au moins dans la *vraye* Philosophie, dans laquelle on conçoit la cause de tous les effets naturels par des raisons *de mechanique*. Ce qu'il faut faire à mon avis, ou bien renoncer à toute espérance de jamais rien comprendre dans la Physique.

[2]) Sur la piussance motrice du feu. Paris 1824.

[3]) „On objectra peut-être ici que le mouvement perpétuel, démontré impossible par les *seules actions mécaniques*, ne l'est peut-être pas lorsqu'on emploie l'influence soit de *la chaleur*, soit de l'électricité; mais peut-on concevoir les phenomenes de la chaleur et de l'electricité comme dus à autre chose qu'à *des mouvements quelconques des corps*, et comme tels ne doivent-ils pas être soumis aux lois générales de la mécanique?“.

цiей. Механическiе процессы мы воспроизводимъ въ воображенiи почти безъ всякаго труда. Давленiе, какъ обстоятельство, вызывающее движенiе, хорошо извѣстно намъ изъ повседневнаго опыта. Всѣ перемѣны, вызываемыя индивидуумомъ въ окружающей его средѣ, или человѣчествомъ—путемъ техники въ мiрѣ, осуществляются съ помощью *движенiй*. Могло-ли движенiе не казаться намъ важнѣйшимъ физическимъ факторомъ.

Кромѣ того во всѣхъ физическихъ процессахъ можно открыть *механическiя* свойства. Звучащiй колоколъ дрожитъ, нагрѣтое тѣло расширяется, наэлектризованныя тѣла притягиваются. Почему-бы въ такомъ случаѣ не попытаться объяснить себѣ всѣ процессы со стороны наиболѣе намъ привычной, болѣе доступной наблюденiю и измѣренiю, т. е. механически? Ничего также нельзя возразить противъ попытки объяснить механическiя свойства физическихъ процессовъ *механическими аналогiями*.

Но современная физика, правда, зашла въ этомъ направленiи уже *очень далеко*. Точка зрѣнiя, выставленная *Вундтомъ* въ его очень интересномъ сочиненiи «О физическихъ аксiомахъ», раздѣляется, вѣроятно, большинствомъ физиковъ.

Вундтъ устанавливаетъ слѣдующiя аксiомы физики:

1. Всѣ причины въ природѣ суть причины движенiя.

2. Всякая причина движенiя лежитъ внѣ того, что находится въ движенiи.

3. Всѣ причины движенiя дѣйствуютъ въ направленiи прямой связующей линiи.

4. Дѣйствiе каждой причины сохраняется.

5. Каждому дѣйствiю соотвѣтствуетъ равное противодѣйствiе.

6. Каждое дѣйствiе эквивалентно причинѣ.

Съ этими положенiями можно было бы согласиться, какъ съ основными принципами механики. Но когда ихъ выставляютъ въ качествѣ аксiомъ физики, то это равносильно, собственно говоря, отрицанiю всѣхъ процессовъ, кромѣ процессовъ движенiя. Всѣ измѣненiя въ природѣ являются, по мнѣнiю *Вундта*, только перемѣнами мѣста, всѣ причины—причинами движенiй. Если бы мы захотѣли вникнуть въ философское обоснованiе этого взгляда, даваемое *Вундтомъ*, то это привело бы насъ къ умозрѣнiямъ элеатовъ и гербартiанцевъ. Перемѣна мѣста, полагаетъ *Вундтъ*, является *единственной* перемѣной, происходящей съ вещью, когда сама вещь остается тождественной. Когда какая-либо вещь измѣняются *качественно*, то скорѣе можно было бы думать, что

одна вещь исчезаетъ, а другая появляется, что трудно совмѣстить съ представленіемъ о тождествѣ наблюдаемой сущности и о неразрушаемости матеріи. Но намъ стоитъ лишь вспомнить, что совершенно такого же рода затрудненія находили элеаты въ движеніи. Нельзя развѣ представить себѣ, что вещь *исчезаетъ* въ одномъ мѣстѣ, а другая, такая же вещь появляется въ другомъ?

Развѣ по существу дѣла мы *больше* знаемъ о томъ, почему тѣло оставляетъ *одно* мѣсто и появляеття *въ другомъ*, чѣмъ то, какъ *холодное* тѣло становится *теплымъ*? Допустимъ, что мы постигли процессы механики *вполнѣ*. Имѣемъ ли мы право и возможность *устранять* на этомъ основаніи изъ міра другіе процессы, которыхъ мы не понимаемъ? Придерживаясь такого принципа, было бы проще всего отрицать существованіе всего міра. Элеаты, собственно, и пришли къ такому результату, а гербартіанцы были недалеки отъ него.

Физика, разрабатываемая такимъ образомъ, даетъ намъ схему, въ которой едва ли можно узнать дѣйствительный міръ. И въ самомъ дѣлѣ, людямъ, въ продолженіе нѣсколькихъ лѣтъ придерживавшимся такихъ воззрѣній, *чувственный міръ*, изъ котораго, какъ изъ вполнѣ знакомой вещи, они первоначально исходили, представляется вдругъ величайшей «міровой загадкой»!

Такимъ образомъ, какъ бы ни было *понятно* то обстоятельство, что люди стремились всѣ физическіе процессы «свести къ движеніямъ атомовъ», этотъ идеалъ все же слѣдуетъ назвать химерой. Въ популярныхъ лекціяхъ онъ часто игралъ роль эффектной программы. Но въ кабинетѣ серьезнаго изслѣдователя онъ едва ли игралъ существенную роль.

Въ дѣйствительности механическая физика дала намъ только слѣдующее: она *объясняла* физическіе процессы при помощи болѣе привычныхъ намъ *механическихъ аналогій*, примѣрами чему служатъ теоріи свѣта и электричества, или давала точное количественное опредѣленіе связи, существующей между механическими и другими физическими процессами, примѣрами чему служатъ работы въ области термодинамики.

3. Принципъ сохраненія энергіи въ физикѣ.

Только опытъ можетъ убѣдить насъ въ томъ, что механическіе процессы обусловливаютъ другія физическія превращенія и наоборотъ. Благодаря изобрѣтенію паровой машины и той роли, какую

она играетъ въ техникѣ, было обращено вниманіе прежде всего на связь механическихъ процессовъ (въ особенности работы) съ измѣненіями теплового состоянія. Въ головѣ *С. Карно* потребность въ научной ясности соединялась съ техническимъ интересомъ, и это привело къ замѣчательнымъ соображеніямъ, результатомъ которыхъ является термодинамика. Лишь *исторической случайностью* объясняется тотъ фактъ, что этотъ рядъ идей не могъ быть связанъ *съ электротехникой.*

Въ своихъ изслѣдованіяхъ вопроса о томъ, какой *maximum* можетъ дать *тепловая* машина вообще и паровая въ частности при *опредѣленной* затратѣ *теплоты сгоранія, Карно* исходилъ изъ механическихъ аналогій. Тѣло можетъ произвести работу, когда оно расширяется при нагрѣваніи подъ извѣстнымъ давленіемъ. Но оно должно при этомъ получать теплоту отъ какого-нибудь болѣе теплаго тѣла. Слѣдовательно, для того, чтобы производить работу, теплота должна переходить отъ болѣе теплаго къ болѣе холодному тѣлу, какъ вода для того, чтобы приводить въ движеніе мельницу, должна падать съ болѣе высокаго уровня до болѣе низкаго. Такимъ образомъ разности температуры такъ же *представляютъ* рабочія силы, какъ и разности высотъ (паденія) тяжелыхъ тѣлъ.

Карно придумываетъ *идеальный* процессъ, при которомъ ни одна часть теплоты не тратится безполезно (не производя работы). Этотъ процессъ и даетъ при данной затратѣ теплоты *максимумъ* работы. Нѣчто подобное представляло бы собой мельничное колесо, черпающее на болѣе высокомъ уровнѣ воду, которая въ немъ же *очень медленно*, не теряя ни капли, спускается на болѣе низкій уровень. Этотъ процессъ характеризуется тѣмъ, что при затратѣ той же работы вода опять можетъ быть поднята на первоначальную высоту. Это свойство *обратимости* мы находимъ и въ процессѣ *Карно.* И въ немъ при затратѣ той же работы можетъ быть возстановлено первоначальное состояніе, при чемъ температура возвращается къ своему первоначальному уровню.

Допустимъ, что существуютъ *два* различныхъ обратимыхъ процесса A, B и именно такихъ, что количество теплоты Q при пониженіи температуры съ t_1 до t_2 даетъ въ первомъ работу W, а во второмъ при тѣхъ же условіяхъ — работу $W + W^1$. Мы могли бы тогда связать процессъ B, происходящій въ указанномъ направленіи, съ процессомъ A, которому мы придали бы предварительно направленіе обратное, въ *одинъ* процессъ. Процессъ A возста-

новлялъ бы тогда измѣненія, производимыя процессомъ *B*, и далъ бы еще нѣкоторый излишекъ работы W^1, который былъ бы полученъ, такъ сказать, изъ ничего. Мы имѣли бы въ этой комбинаціи *perpetuum mobile.*

Чувствуя, что не составляетъ большой разницы, обнаруживаются ли законы механическіе непосредственно или окольнымъ путемъ (черезъ посредство процессовъ теплоты) и будучи убѣжденъ въ *общей* закономѣрной связи между всѣми явленіями природы, *Карно* здѣсь впервые исключаетъ *perpetuum mobile* изъ области общей физики. *Но въ такомъ случаѣ величина работы W, которая можетъ быть получена при переходѣ количества теплоты Q отъ* t_1 *до* t_2, *вовсе не можетъ зависѣть ни отъ природы веществъ, ни отъ характера процесса (если только онъ не сопряженъ съ потерями), а только отъ температуръ* t_1 *и* t_2.

Это важное положеніе нашло полнѣйшее подтвержденіе въ спеціальныхъ изслѣдованіяхъ самого *Карно* (1824) *Клапейрона* (1834) и *Уилльяма Томсона* (1849). Получено оно однимъ исключеніемъ perpetuum mobile, *безъ всякаго допущенія относительно природы* теплоты. *Карно*, правда, сохранилъ взглядъ *Блэка*, по которому *все количество теплоты остается неизмѣннымъ*, но, поскольку изслѣдованіе до сихъ поръ разсматривалось, рѣшеніе этого вопроса значенія не имѣетъ. Уже правило *Карно* привело къ самымъ замѣчательнымъ результатамъ. *Уилльямъ Томсонъ* (лордъ Кельвинъ) (1848) положилъ его въ основу своей геніальной мысли объ *абсолютной* (обще-сравнимой) термометрической скалы. Джемсъ Томсонъ (1849) представилъ себѣ процессъ *Карно* въ видѣ замерзающей подъ давленіемъ и потому совершающей работу воды. Онъ установилъ при этомъ, что давленіе одной атмосферы понижаетъ точку замерзанія на 0,0075° Ц. Я упоминаю объ этомъ только для примѣра.

Два десятилѣтія спустя послѣ обнародованія работы *Карно* былъ достигнутъ работами *Р. Майера* и *Джоуля* дальнѣйшій шагъ впередъ. Служа врачемъ на островѣ Явѣ, *Майеръ* замѣтилъ при кровопусканіи яркую окраску венозной крови. Согласно теоріи животной теплоты *Либиха*, онъ привелъ этотъ фактъ въ связь съ ничтожной потерей крови въ болѣе тепломъ климатѣ и съ незначительной *тратой* органическаго горючаго матеріала. Вся потеря теплоты человѣка, остающагося въ покоѣ, должна была соотвѣтствовать всей теплотѣ сгоранія. А такъ какъ *всѣ* функціи организма, включая и *механическія*, должны быть отнесены на

счетъ теплоты сгоранія, то должно было существовать извѣстное отношеніе между *механической* работой и *тратой теплоты*.

Джоуль исходилъ изъ подобныхъ же разсужденій относительно гальванической батареи. Соотвѣтствующая потребленію цинка теплота соединенія можетъ обнаружиться въ гальваническомъ элементѣ. Когда появляется токъ, то часть этой теплоты появляется въ проводникѣ. Если включить въ цѣпь аппаратъ для разложенія воды, то часть этой теплоты исчезаетъ, но она опять появляется при взрывѣ образовавшагося такимъ образомъ гремучаго газа. Когда токъ приводитъ въ движеніе электромоторъ, то опять исчезаетъ часть теплоты, но она снова обнаруживается при поглощеніи работы треніемъ. Такимъ образомъ и *Джоулю* получаемая теплота и производимая *работа* представляются связанными *съ тратой* какого-то вещества. И *Майеръ* и *Джоуль* не далеки отъ того, чтобы разсматривать теплоту и работу, какъ величины однородныя, находящіяся между собой въ такой зависимости, что постоянно *въ одной* формѣ является то, что исчезаетъ *въ другой*. Отсюда вытекаетъ *субстанціальное* представленіе о теплотѣ и работѣ, и въ концѣ концовъ *субстанціальное представленіе объ энергіи вообще. Энергія* усматривается во всякой перемѣнѣ физическаго состоянія, уничтоженіе котораго создаетъ *работу* (или эквивалентную ей теплоту). Электрическій зарядъ, напримѣръ, есть энергія.

Майеръ (1842) вычислилъ, основываясь на общеизвѣстныхъ въ то время физическихъ данныхъ, что *при исчезновеніи одной килограммъ—калоріи можетъ быть произведено 365 килограммометровъ работы*, и наоборотъ. *Джоуль* же предпринялъ въ 1843 г. цѣлый рядъ остроумныхъ и разнообразныхъ опытовъ и въ концѣ концовъ опредѣлилъ *механическій эквивалентъ* килограммъ-калоріи съ гораздо большей точностью, а именно, въ 425 килограммо-метровъ.

Если измѣрять всякое измѣненіе физическаго состоянія *механической работой*, которая можетъ быть совершена при его исчезновеніи, и называть эту мѣру *энергіей*, то можно всѣ измѣненія физическаго состоянія, какъ бы разнородны эти состоянія ни были, измѣрять одной и той же мѣрой и сказать: *сумма всѣхъ энергій остается постоянной*. Такова форма, которую принялъ принципъ исключеннаго perpetuum mobile, когда примѣненіе его было распространено на всю физику работами *Майера, Джоуля, Гельмгольца* и *У. Томсона* (лорда Кельвина).

Послѣ того какъ было доказано, что *теплота* должна *исчезать*, чтобы насчетъ ея могла быть произведена *механическая работа*, было уже *не* возможно усматривать въ принципѣ *Карно полное* описаніе фактовъ. Дополнили его впервые *Клаузіусъ* (1850), а потомъ въ 1851 г. *Томсонъ*. Въ новой формѣ принципъ этотъ гласитъ такъ: если *количество теплоты* Q^1 превращается въ обратимомъ процессѣ въ *работу*, то *другое* количество теплоты Q падаетъ съ абсолютной [1]) температуры T_1 до абсолютной температуры T_2. При этомъ Q^1 зависитъ только отъ Q, T_1, T_2, но совсѣмъ *не зависитъ* отъ употребляемыхъ въ дѣло веществъ и отъ характера процесса (если онъ не сопряженъ съ потерями). Вслѣдствіе этого послѣдняго обстоятельства достаточно опредѣлить это отношеніе для одного хорошо извѣстнаго въ физическомъ смыслѣ вещества (напримѣръ, для газа) и для *одного* опредѣленнаго сколько угодно простого процесса. Это отношеніе будетъ тогда общеобязательнымъ. Этимъ путемъ находятъ

$$\frac{Q^1}{Q^1+Q} = \left(\frac{T_1 - T_2}{T_1}\right) \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; 1.$$

Это значитъ, что частное отъ дѣленія превращенной въ работу (полезной) теплоты Q^1 на сумму изъ превращенной въ работу и сообщенной (всей поглощенной) теплоты, т. е. такъ называемый *экономическій коэффиціэнтъ процесса* есть

$$\frac{T_1 - T_2}{T_1}.$$

4. Представленія о теплотѣ.

Когда какое-нибудь холодное тѣло приходитъ въ соприкосновеніе съ теплымъ, то первое, какъ это не трудно замѣтить, нагрѣвается, а второе охлаждается. Можно сказать, что *одно* тѣло нагрѣвается *на счетъ другого*. Отсюда недалеко до представленія о какомъ-то нѣчто, о какомъ-то веществѣ, теплородѣ, переходящемъ изъ одного тѣла въ другое. Если въ соприкосновеніе приходятъ двѣ массы воды, m и m^1, неодинаковой температуры, то оказывается, что при быстромъ уравненіи ихъ температуръ ихъ измѣненія въ температурѣ, u и u^1, обратно пропорціональны

[1]) Подъ этимъ разумѣется 273° Ц. ниже точки замерзанія воды.

массамъ и имѣютъ противоположные знаки, такъ что алгебраическая сумма ихъ произведеній

$$mu + m^1u^1 = 0.$$

Блэкъ назвалъ эти произведенія, играющія существенную роль при изученіи явленія, mu, m^1u^1,—*количествами теплоты*. Ихъ можно вмѣстѣ съ *Блэкомъ* представлять себѣ *очень наглядно*, какъ мѣры количествъ вещества. Но *существенное* значеніе имѣетъ не этотъ *образъ*, а *неизмѣняемость* указанныхъ суммъ произведеній при переходѣ теплоты съ одного тѣла на другое. Если гдѣ-нибудь исчезаетъ какое-либо количество теплоты, то вмѣсто него гдѣ-нибудь въ другомъ мѣстѣ появляется равное ему. Усвоеніе такого представленія приводитъ къ открытію удѣльной теплоты. Въ концѣ концовъ *Блэкъ* признаетъ, что взамѣнъ исчезнувшаго количества теплоты можетъ явиться и нѣчто другое, а именно, *расплавленіе* или *испареніе* извѣстнаго количества вещества. Онъ здѣсь еще удерживаетъ съ извѣстной долей свободы излюбленное представленіе и разсматриваетъ исчезнувшее при этомъ количество теплоты, какъ еще существующее, но *скрытое*.

Общепринятое представленіе о *теплородѣ* было сильно поколеблено работами *Майера* и *Джоуля*. Если количество теплоты можетъ быть увеличиваемо и уменьшаемо, говорили тогда, то теплота не можетъ быть *веществомъ*, а должна быть *движеніемъ*. Этотъ несущественный выводъ сдѣлался гораздо популярнѣе, чѣмъ все остальное ученіе объ энергіи. Мы можемъ однако убѣдиться, что взглядъ на теплоту, какъ на *движеніе*, въ настоящее время столь же мало существененъ, какъ и прежній взглядъ на нее, какъ на *вещество*.

Оба эти представленія встрѣчали себѣ поддержку или препятствія только въ случайныхъ историческихъ обстоятельствахъ. Изъ того, что данному количеству теплоты соотвѣтствуетъ *механическій* эквивалентъ, еще вовсе не слѣдуетъ, что теплота не вещество.

Выяснимъ это при помощи одного вопроса, съ которымъ ко мнѣ неоднократно обращался кое-кто, пробудившійся къ самостоятельному мышленію. Существуетъ ли механическій эквивалентъ электричества, какъ существуетъ механическій эквивалентъ теплоты? И да, и нѣтъ! Нѣтъ такого механическаго эквивалента количества электричества, какъ есть эквивалентъ количества теплоты, ибо одно и то же количество электричества можетъ имѣть весьма различный

эквивалентъ работы въ зависимости отъ условій, при которыхъ оно дано. Но есть механическій эквивалентъ электрической энергіи.

Прибавимъ сюда еще одинъ вопросъ. Существуетъ ли механическій эквивалентъ воды? Эквивалента количества воды—нѣтъ, но есть эквивалентъ вѣса воды, умноженнаго на высоту ея паденія.

Когда лейденская банка разряжается и совершаетъ при этомъ работу, то мы не представляемъ себѣ, будто количество электричества исчезаетъ и совершаетъ работу, а мы принимаемъ, что оба вида электричества приходятъ лишь въ другое состояніе, а именно равныя количества положительнаго и отрицательнаго электричества соединяются между собою.

Откуда же это различіе въ нашемъ представленіи того, что происходитъ въ случаѣ теплоты и въ случаѣ электричества? Оно имѣетъ только историческія основанія, совершенно условно и—что еще важнѣе—вполнѣ безразлично. Я позволю себѣ обосновать это.

Въ 1785 году *Кулонъ* построилъ свои крутильные вѣсы, которые дали ему возможность измѣрить силу отталкиванія электрическихъ тѣлъ. Допустимъ, что у насъ два маленькихъ шарика A и B, совершенно равномѣрно заряженныхъ электричествомъ. При опредѣленномъ разстояніи между ихъ центрами r пусть эти шарики отталкиваются другъ отъ друга съ опредѣленной силой p. Мы приводимъ въ соприкосновеніе шарикъ B съ тѣломъ C, и оба при этомъ равномѣрно наэлектризуются; затѣмъ измѣряемъ силу, съ которой отталкивается отъ A шарикъ B и тѣло C на одномъ и томъ же разстояніи r. Сумма этихъ силъ отталкиванія будетъ опять p. Что-то при этомъ раздѣленіи осталось постояннымъ, именно сила отталкиванія. Если мы будемъ приписывать это дѣйствіе какому-нибудь дѣйствующему началу, веществу, напримѣръ, мы безъ всякихъ натяжекъ сдѣлаемъ выводъ о постоянствѣ его.

Въ 1838 году *Риссъ* построилъ свой электрическій воздушный термометръ. Этотъ приборъ даетъ мѣру того количества теплоты, которое получается при разряженіи лейденской банки. Это количество теплоты не пропорціонально количеству электричества, содержащемуся въ банкѣ, согласно измѣренію *Кулона*, а пропорціонально $\frac{q^2}{s}$, гдѣ q есть это количество, а s нѣкій коэффиціентъ, зависящій отъ поверхности, формы и толщины стекла банки или, короче, пропорціонально энергіи заряженной банки. Допустимъ, что мы разрядили сперва совершенно какую-нибудь лейденскую банку черезъ нашъ термометръ и получили извѣстное количество теплоты W.

Если же мы разрядимъ ее черезъ термометръ въ другую лейденскую банку, то мы получимъ меньше, чѣмъ *W*. Остатокъ мы можемъ получить еще, если мы термометромъ совершенно разрядимъ обѣ лейденскія банки и онъ опять будетъ пропорціональнымъ энергіи обѣихъ этихъ банокъ. Такимъ образомъ при первомъ неполномъ разряженіи часть способности дѣйствія электричества пропала.

Когда электрическій зарядъ лейденской банки производитъ теплоту, то энергія ея *измѣняется* и величина ея, какъ указываетъ термометръ *Рисса*, убываетъ. Но количество электричества, по измѣренію *Кулона*, остается безъ измѣненія.

Теперь представимъ себѣ, что термометръ *Рисса* изобрѣтенъ раньше, чѣмъ крутильные вѣсы *Кулона*. Представить себѣ это не трудно, потому что эти изобрѣтенія совершенно другъ отъ друга не зависятъ. Что было бы естественнѣе, если бы количество содержащагося въ лейденской банкѣ электричества оцѣнивалось по теплотѣ, вызванной въ термометрѣ? Но тогда, такъ называемое, количество электричества уменьшалось бы при образованіи теплоты или совершеніи работы, между тѣмъ какъ теперь оно остается безъ измѣненія. Тогда, слѣдовательно, электричество не было бы веществомъ, а было бы движеніемъ, между тѣмъ какъ теперь оно еще вещество. Отсюда ясно, что если мы объ электричествѣ думаемъ иначе, чѣмъ о теплотѣ, то этотъ фактъ имѣетъ чисто историческое и совершенно случайное, условное основаніе.

И такъ обстоитъ дѣло и съ другими физическими вещами. Вода не исчезаетъ при совершеніи работы. Почему? Потому что количество воды мы измѣряемъ вѣсами, какъ электричество. Но представимъ себѣ, что величина работы воды называется количествомъ и должна, поэтому, измѣряться не вѣсами, а мельницей, напримѣръ. Тогда это количество, совершая работу, исчезало бы. — Но легко представить себѣ, что нѣкоторыя вещества могутъ оказаться далеко не столь осязательными, какъ вода. Мы тогда одинъ родъ измѣренія—при помощи вѣсовъ—не могли бы осуществить, а нѣкоторые другіе способы измѣренія у насъ остались бы. И вотъ для теплоты исторически установившейся мѣрой «количества» случайно является величина работы теплоты. Поэтому, она и исчезаетъ, когда совершается работа. Но что теплота не есть вещество, отсюда вытекаетъ столь же мало, какъ и утвержденіе противоположное.

Если бы кому-либо нравилось и въ настоящее время еще представлять себѣ теплоту, какъ вещество, можно было бы ему позво-

лить это невинное удовольствіе. Онъ долженъ былъ бы только представлять себѣ, что то самое, что мы назовемъ количествомъ теплоты, есть энергія вещества, количество котораго остается безъ измѣненія, между тѣмъ какъ энергія измѣняется. Въ дѣйствительности же было бы гораздо лучше, если бы мы по аналогіи съ остальными физическими обозначеніями вмѣсто «количества теплоты» говорили «энергія теплоты».

Такимъ образомъ, если мы поражаемся открытіемъ, что теплота есть движеніе, то мы поражаемся тѣмъ, что никогда вовсе не было открыто. Совершенно безразлично и не имѣетъ ни малѣйшаго научнаго значенія, представляемъ ли мы себѣ теплоту, какъ вещество, или нѣтъ.

Дѣло именно въ томъ, что въ однихъ отношеніяхъ теплота обнаруживаетъ такія свойства, какъ вещество, а въ другихъ—нѣтъ. Теплота такъ же скрыта въ парахъ, какъ кислородъ въ водѣ.

5. Сходство въ проявленіи различныхъ видовъ энергіи.

Предыдущія наши разсужденія выигрываютъ въ ясности, если обратить вниманіе на сходство въ проявленіи всѣхъ видовъ энергіи, на что я указывалъ уже давно [1]). Грузъ P на высотѣ H_1 представляетъ энергію $W_1 = PH_1$. Пусть грузъ падаетъ до меньшей высоты H_2, причемъ производится работа, которая служитъ для полученія живой силы, теплоты, электрическаго заряда и т. д., которая, однимъ словомъ, превращается во что-нибудь другое. Тогда *остается* еще энергія $W_2 = PH_2$. Мы имѣемъ тогда уравненіе

$$\frac{W_1}{H_1} = \frac{W_2}{H_2} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; 2.$$

Если же мы черезъ $W^1 = W_1 - W_2$ обозначимъ *превращенную* энергію, а черезъ $W = W_2$ обозначимъ энергію, *переве-*

[1]) Я указывалъ на это впервые въ своемъ сочиненіи «Über die Erhaltung der Arbeit». Прага. 1872. («Принципъ сохраненія работы». С.-Петербургъ. 1909). На аналогію между механической и термической энергіей еще раньше того указывалъ *Цейнеръ*. Дальнѣйшія указанія я далъ въ «Geschichte und Kritik des Carnotschen Wärmegesetzes». Sitzungsberichte der Wiener Akademie. Декабрь 1892. Ср. также разсужденія *Гельма, Оствальда* и др. современныхъ «энергетиковъ».

денную на низшій уровень, то мы получимъ слѣдующее уравненіе:

$$\frac{W^1}{W^1 + W} = \frac{H_1 - H_2}{H_1} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; 3.$$

Это уравненіе вполнѣ аналогично уравненію 1 на стр. 139. Свойство это такимъ образомъ вовсе не принадлежитъ исключительно теплотѣ. Уравненіе 2 выражаетъ отношеніе между энергіей, *взятой* съ верхняго уровня, и энергіей, *отданной* на нисшемъ уровнѣ (оставшейся); оно выражаетъ то, что *энергіи* эти *пропорціональны высотамъ уровней.* Аналогичное уравненію 2 уравненіе можно установить для *каждой* формы энергіи, а потому для нея же можетъ быть установлено уравненіе, соотвѣтствующее уравненіямъ 3 и 1. Въ случаѣ электричества, напримѣръ, H_1, H_2 означаютъ потенціалы.

Когда впервые замѣчаютъ изложенное здѣсь сходство въ законѣ превращенія различныхъ видовъ энергіи, оно кажется *неожиданнымъ* и *страннымъ,* такъ какъ не видна сразу причина его. Но для того, кто пользуется сравнительно-историческимъ методомъ изученія, причина эта не можетъ оставаться надолго скрытой.

Со времени *Галилея* механическая работа есть *основное понятіе* механики и важное понятіе техники, хотя она долго еще не была извѣстна подъ тѣмъ названіемъ, которое она носитъ въ настоящее время. *Превращеніе* работы въ живую силу и наоборотъ приводитъ къ пониманію энергіи, которое впервые было успѣшно использовано *Гюйгенсомъ,* хотя только *Т. Юнгъ* употребилъ въ въ первый разъ *названіе* «энергія». Если мы прибавимъ къ этому неизмѣняемость вѣса (т. е. собственно массы), то въ отношеніи механической энергіи уже изъ самаго опредѣленія вытекаетъ, что работоспособность, или (потенціальная) *энергія* груза пропорціональна высотѣ (въ геометрическомъ смыслѣ) и что она при паденіи внизъ, при превращеніи, *убываетъ пропорціонально* высотѣ. Уровень, принимаемый за нулевой, здѣсь совершенно произволенъ. Этимъ *дано* уравненіе 2, изъ котораго вытекаютъ остальныя формы.

Если принять во вниманіе, насколько механика опередила въ своемъ развитіи остальныя области физики, то не покажется страннымъ, что понятіями первой охотно пользовались всюду, гдѣ это было удобно. Такъ, напримѣръ, *Кулонъ* создалъ свое понятіе *количества электричества* по образцу понятія массы. Въ дальнѣйшемъ развитіи ученія объ электричествѣ понятіе работы было примѣ-

нено въ теоріи потенціала и *высота электрическаго потенціала* стала измѣряться работой, необходимой, чтобы довести до нея единицу количества электричества. Этимъ приведенное выше уравненіе со всѣми вытекающими изъ него послѣдствіями стало примѣнимо и къ электрической энергіи. То-же происходило и съ другими видами энергіи.

Особенный случай представляетъ однако *тепловая энергія.* Что теплота представляетъ собой энергію, могло быть открыто, только благодаря тѣмъ своеобразнымъ опытамъ, о которыхъ мы говорили выше. Но измѣреніе этой энергіи *количествомъ* теплоты *Блэка* зависитъ отъ случайныхъ обстоятельствъ. Прежде всего случайной, незначительной измѣнчивостью теплоемкости c при измѣненіи температуры и случайно ничтожнымъ отклоненіемъ общеупотребительныхъ термометрическихъ скалъ отъ *скалы упругости газа* объясняется то, что было установлено понятіе количества теплоты и что *количество* теплоты ct, соотвѣтствующее разности температуръ t, дѣйствительно почти пропорціонально *энергіи* теплоты. Совершенно случайно было то, что *Amontons* пришелъ къ мысли измѣрять температуру упругостью газа. О работѣ теплоты онъ при этомъ, конечно, не думалъ [1]). Но этимъ *числа*, выражающія *температуру*, становятся при равныхъ измѣненіяхъ объема *пропорціональны упругостямъ газовъ* и, слѣдовательно, *производимымъ ими работамъ.* Благодаря этому, получается также пропорціональность между *уровнями температуры* и *уровнями работы.*

Если бы были выбраны признаки теплового состоянія, сильно разнящіеся отъ упругости газа, то это отношеніе могло бы оказаться весьма сложнымъ и тогда разсматриваемаго сходства между теплотой и другими видами энергіи *не* было бы. Пораздумать надъ этимъ очень поучительно.

Итакъ, сходство въ проявленіи различныхъ видовъ энергіи не представляетъ собой *никакого закона природы,* а оно скорѣе обусловлено однообразіемъ нашего взгляда на вещи, а отчасти есть также дѣло случая.

6. Различія между видами энергіи и предѣлы примѣненія принципа сохраненія энергіи.

Отъ каждаго количества теплоты Q, совершающаго работу при обратимомъ (безъ потерь) процессѣ между абсолютными темпера-

[1]) Сознательно сходство между температурой и уровнемъ работы было установлено лишь *У. Томсономъ* (1848, 1851).

турами T_1, T_2 только часть $\frac{T_1 - T_2}{T_1}$ превращается въ работу, а остальная часть переводится на болѣе низкій уровень T_2 Эта переведенная часть можетъ быть снова поднята до уровня T_1 съ затратой произведенной работы при обращеніи процесса. Если же процессъ *не* обратимъ, то на низшій *уровень* переходитъ *больше* теплоты, чѣмъ въ предыдущемъ случаѣ, и этотъ излишекъ уже не можетъ быть *поднятъ безъ особой затраты* до T_1. Поэтому, *У. Томсонъ* указывалъ на то, что при всѣхъ необратимыхъ процессахъ, т. е. при всѣхъ *дѣйствительныхъ* процессахъ, извѣстное количество теплоты пропадаетъ для *механической* работы, что, слѣдовательно, въ этихъ случаяхъ происходитъ *разсѣяніе* или *уничтоженіе механической* энергіи. Теплота всегда лишь *отчасти* переходитъ въ работу, но работа *часто всецѣло* переходитъ въ теплоту. Существуетъ такимъ образомъ въ мірѣ *тенденція* къ уменьшенію механической энергіи и къ увеличенію энергіи тепловой.

Для простого замкнутого кругового процесса (безъ потерь), въ которомъ количество теплоты Q_1 отнимается съ уровня T_1, а количество Q_2 передается уровню T_2, имѣетъ силу, согласно уравненію 2, отношеніе $\frac{-Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} = O$.

Для произвольно сложнаго обратимаго кругового процесса *Клаузіусъ* аналогично находитъ алгебраическую сумму $\Sigma \frac{Q}{T} = O$, а если температура непрерывно измѣняется, то

$$\int \frac{dQ}{T} = O \quad . \; . \; . \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; 4.$$

При этомъ отнятые отъ даннаго уровня элементы количества теплоты считаются отрицательными, а сообщенные—положительными. Если процессъ не обратимъ, то для него численное значеніе выраженія 4 *увеличивается*. Выраженіе это *Клаузіусъ* называетъ *энтропіей*. Въ дѣйствительности такъ бываетъ всегда и потому *Клаузіусъ* видитъ себя вынужденнымъ выставить слѣдующія положенія:

1) *Энергія міра* остается постоянной.

2) *Энтропія міра* стремится къ maximum'у.

Разъ выяснено сходство въ проявленіи различныхъ видовъ энергіи, отмѣченная здѣсь особенность энергіи теплоты не можетъ не броситься въ глаза и показаться странной. Откуда же она берется,

если всякая вообще энергія только отчасти переходитъ въ другую форму, точно такъ же, какъ и энергія тепловая? Объясняется это слѣдующимъ образомъ.

Всякое превращеніе какого-нибудь вида энергіи *A* бываетъ связано съ паденіемъ потенціала *этого* вида энергіи. Не составляетъ изъ этого исключенія и энергія тепловая. Но въ другихъ видахъ энергіи происходитъ и обратное, т. е. съ паденіемъ потенціала связано превращеніе, а потому и потеря энергіи. Съ теплотой же дѣло происходитъ иначе: здѣсь можетъ быть паденіе потенціала безъ—по крайней мѣрѣ, по *обычной оцѣнкѣ*—потери энергіи. Если падаетъ какой-нибудь грузъ, онъ долженъ произвести кинетическую энергію, или теплоту, или какую-нибудь другую энергію. И въ случаѣ электрическаго заряда не можетъ быть паденія потенціала безъ потери энергіи, т. е. безъ превращенія. Теплота же можетъ переходить съ паденіемъ температуры на тѣло, обладающее большей теплоемкостью, и оставаться *той же* тепловой энергіей, если только разсматривать *всякое количество* теплоты, какъ энергію. Вотъ именно это обстоятельство придаетъ теплотѣ во многихъ случаяхъ рядомъ съ характеромъ энергіи характеръ (матеріальнаго) *вещества*, нѣкотораго количества.

Если посмотрѣть на дѣло безпристрастно, то не можетъ не возникнуть вопросъ, *есть ли вообще научный смыслъ и цѣль* разсматривать еще, какъ *энергію*, количество теплоты, которое не можетъ быть уже превращено въ механическую работу (напримѣръ, теплоту замкнутой системы тѣлъ съ совершенно равномѣрно распредѣленной температурой). Очевидно, что въ этомъ случаѣ принципъ сохраненія энергіи играетъ совершенно праздную роль, которая достается ему, только благодаря привычкѣ. Ясно, слѣдовательно, что кто удерживаетъ принципъ сохраненія энергіи, признавая въ то же время разсѣяніе или уничтоженіе механической энергіи, какъ и усиленіе энтропіи, тотъ позволяетъ себѣ приблизительно ту же вольность, которую позволилъ себѣ *Блэкъ*, когда онъ принималъ теплоту плавленія за существующую еще, но *скрытую*.

Позволю себѣ еще замѣтить, что выраженія «энергія міра» и «энтропія міра» носятъ на себѣ слѣды схоластики. Энергія и энтропія суть понятія *мѣры*. Какой же можетъ имѣть смыслъ примѣнять эти понятія къ случаю, къ которому они вовсе *не примѣнимы*, въ которомъ значенія ихъ не поддаются опредѣленію?

Если бы дѣйствительно существовала возможность опредѣлить энтропію міра, эта энтропія представляла бы настоящую абсолют-

ную *мѣру времени*. Отсюда лучше всего видно, что это только тавтологія, когда говорятъ: энтропія міра возрастаетъ вмѣстѣ съ *временемъ*. Въ томъ то и дѣло, что то, что извѣстныя измѣненія происходятъ только въ одномъ *опредѣленномъ* направленіи, и фактъ времени есть одно и то же.

7. Источники принципа сохраненія энергіи.

Мы достаточно теперь подготовлены, чтобы дать отвѣтъ на вопросъ объ источникахъ принципа сохраненія энергіи. Источникомъ всякаго познанія природы является въ послѣднемъ счетѣ только опытъ. Въ этомъ смыслѣ правы, поэтому, тѣ, которые и въ принципѣ сохраненія энергіи усматриваютъ результатъ опыта.

Изъ опыта мы знаемъ, что чувственные элементы α, β, γ, δ . . ., на которые можетъ быть разложенъ міръ, подвержены *измѣненіямъ*. Далѣе изъ опыта же извѣстно, что одни изъ этихъ элементовъ *связаны* съ другими такъ, что они и появляются и исчезаютъ вмѣстѣ, или что появленіе элементовъ одного рода бываетъ связано съ исчезновеніемъ элементовъ другого. Будемъ здѣсь избѣгать понятій причины и слѣдствія, въ виду расплывчатости и неопредѣленности ихъ. Результатъ опыта можемъ быть выраженъ слѣдующимъ образомъ: *чувственные элементы міра* (α, β, γ, δ . . . .) *оказываются въ зависимости другъ отъ друга.* Лучше всего представлять себѣ эту взаимную зависимость такъ, какъ представляютъ себѣ въ геометріи взаимную зависимость сторонъ и угловъ треугольника, напримѣръ, но только гораздо многообразнѣе и сложнѣе.

Приведемъ примѣръ. Пусть масса нѣкотораго газа занимаетъ въ цилиндрѣ опредѣленный объемъ (α). Давленіемъ (β) на поршень мы измѣняемъ этотъ объемъ и, ощупывая цилиндръ рукой, мы получаемъ тепловое ощущеніе (γ). Съ увеличеніемъ давленія уменьшается объемъ и усиливается тепловое ощущеніе.

Различные факты опыта не вполнѣ равны другъ другу. Общіе имъ чувственные элементы выступаютъ вслѣдствіе процесса абстракціи и запечатлѣваются въ памяти. Это приводитъ къ проявленію *сходства* между цѣлыми группами фактовъ. Уже самое простое положеніе, которое мы можемъ только выразить, есть, благодаря природѣ нашей рѣчи, такая абстракція. Но намъ приходится считаться и съ *различіями*, существующими между родственными фактами. Факты могутъ быть такъ сходны между собой, что они содержатъ одинъ и тотъ же родъ α, β, γ... и что α, β, γ *одного*

изъ нихъ отличается отъ другихъ только *числомъ* равныхъ частей, на которыя онъ можетъ быть разложенъ. Когда намъ удается установить правила, по которымъ *численныя величины* α, β, γ... могли бы быть выведены *другъ изъ друга*, мы имѣемъ выраженіе *самое общее* и вмѣстѣ съ тѣмъ усчитывающее всѣ *различія* какой-нибудь группы фактовъ. Это и есть цѣль количественнаго изслѣдованія.

Разъ эта цѣль достигнута, то мы нашли, что между α, β, γ... какой-нибудь группы фактовъ или между численными ихъ величичинами существуетъ извѣстное число уравненій. Фактъ *измѣненія* предполагаетъ, что число этихъ уравненій должно быть *меньше* числа α, β, γ... Если первое число на *одно* уравненіе меньше второго числа, то одна часть α, β, γ... *однозначно* опредѣлена другой.

Констатированіе отношеній подобнаго рода есть важнѣйшій результатъ экспериментальнаго спеціальнаго изслѣдованія, потому что оно даетъ намъ возможность факты, *данные* намъ *отчасти*, *восполнять въ мысляхъ*. Само собою разумѣется, что только изъ *опыта* мы можемъ узнать, что между α, β, γ... *вообще* существуютъ какія-нибудь отношенія и *какого рода* эти послѣднія.

Далѣе, только *изъ опыта* мы можемъ *узнать*, что между α, β, γ... существуютъ такія отношенія, что наступившія измѣненія ихъ могутъ быть снова возстановлены. Нетрудно видѣть, что не будь этого обстоятельства, не существовало бы никакого повода и къ установленію принципа сохраненія энергіи. *Въ опытѣ, слѣдовательно, заключается послѣдній источникъ всякаго познанія природы, а слѣдовательно, и въ этомъ смыслѣ, источникъ и принципа сохраненія энергіи.*

Это не исключаетъ однако того, чтобы принципъ сохраненія энергіи имѣлъ и *логическій корень*, что мы сейчасъ и покажемъ. Предположимъ на основаніи данныхъ опыта, что группа чувственныхъ элементовъ α, β, γ... *однозначно* опредѣляетъ другую группу λ, μ, ν... Далѣе изъ опыта также извѣстно, что измѣненія α, β, γ... могутъ быть снова возстановлены. *Логическимъ* выводомъ отсюда является, что всякій разъ, когда α, β, γ... получаютъ одни и тѣ же значенія, то же самое происходитъ и съ λ, μ, ν..., или что одни *періодическія* только измѣненія α, β, γ... не могутъ привести къ постоянному измѣненію λ, μ, ν... Если группа λ, μ, ν... относится къ области механики, то этимъ выводомъ *исключается perpetuum mobile.*

Могутъ сказать, что это только circulus vitiosus (порочный кругъ), и съ этимъ можно сейчасъ же согласиться. Но *психологически*

ситуація все же существенно другая, думаю ли я только объ однозначной опредѣленности и обратимости процессовъ, или я исключаю perpetuum mobile. Вниманіе мое въ обоихъ случаяхъ направлено *различно* и бросаетъ свѣтъ на *различныя* стороны вещи, которыя логически, правда, необходимо связаны между собой.

Строго логическій строй мыслей великихъ изслѣдователей (Стевинъ, Галилей), сознательно или инстинктивно руководствующихся тонкимъ чутьемъ, усматривающимъ малѣйшія противорѣчія, не имѣетъ, безъ сомнѣнія, никакой другой цѣли, кромѣ одной: лишить, такъ сказать, мысль *извѣстной* степени свободы и тѣмъ устранить хоть *нѣкоторую* возможность ошибки. Этимъ намъ данъ *логическій корень* принципа исключеннаго perpetuum mobile, т. е. то общее убѣжденіе, которое существовало даже *до* развитія механики и играло извѣстную роль въ самомъ этомъ развитіи.

Вполнѣ естественно, что принципъ исключеннаго perpetuum mobile достигъ признанія въ менѣе сложной сравнительно области чистой механики. Перенесенію его въ область всей физики вообще содѣйствовала та мысль, что всѣ физическія явленія представляютъ собой, собственно, явленія механическія. Предыдущее показываетъ однако, какъ не существенно это представленіе. Важно здѣсь скорѣе познаніе *всеобщей связи явленій природы.* Разъ эта послѣдняя установлена, то становится очевиднымъ, какъ это и позналъ *Карно*, что не такъ важно, проявляются ли механическіе законы непосредственно или косвеннымъ путемъ.

Принципъ исключеннаго perpetuum mobile очень близокъ къ современному принципу сохраненія энергіи, но онъ не *тождественъ* съ нимъ, потому что этотъ послѣдній вытекаетъ изъ него только при особомъ *формальномъ* пониманіи. Для исключенія perpetuum mobile, какъ это явствуетъ изъ предыдущаго, нѣтъ необходимости пользоваться понятіемъ *работы* или даже только знать объ этомъ понятіи. Современный же принципъ сохраненія энергіи является результатомъ *субстанціальнаго* пониманія работы и всякаго вообще измѣненія въ физическомъ состояніи, освобождающаго въ случаѣ обратнаго процесса работу. Сильная потребность въ такомъ пониманіи, вовсе *не необходимомъ*, но *формально очень удобномъ и наглядномъ*, наблюдается у *Р. Майера* и *Джоуля.* Было уже замѣчено, что обоимъ изслѣдователямъ очень близко стало это пониманіе послѣ наблюденія, что, какъ полученіе теплоты, такъ и механическая работа связаны съ *тратой вещества. Майеръ* говоритъ: «ex nihilo nil fit», а въ другомъ мѣстѣ: «*созданіе* или *уни-*

чтоженіе силы (работы) лежитъ внѣ области человѣческаго дѣйствія». У *Джоуля* мы находимъ слѣдующее мѣсто: «Очевиднымъ *абсурдомъ* является предположеніе, будто силы, которыми Богъ надѣлилъ матерію, могутъ быть разрушены». (It is manifestly *absurd* to suppose that the powers with which God has endowed matter can be destroyed). Въ этихъ положеніяхъ хотѣли видѣть попытку *метафизическаго* обоснованія ученія объ энергіи. Я же вижу въ нихъ только формальную потребность въ *наглядномъ*, *поддающемся обзору*, *простомъ вычисленіи*, потребность, получившую развитіе въ области практической жизни и перенесенную затѣмъ, насколько это было возможно, въ область науки. Въ самомъ дѣлѣ, *Майеръ* пишетъ *Гризингеру*: «Наконецъ, если ты спросишь меня, какъ я пришелъ къ этому, то вотъ весь отвѣтъ: во время своего морского путешествія я былъ почти исключительно занятъ изученіемъ физіологіи и принялъ новое ученіе на томъ достаточномъ основаніи, что *живо почувствовалъ потребность въ немъ*»...

Субстанціальное пониманіе работы (энергіи) отнюдь не *необходимо* и нельзя сказать, чтобы потребность въ такого рода пониманіи уже разрѣшала задачу. Напротивъ, мы видимъ, какъ *Майеръ* работаетъ надъ постепеннымъ удовлетвореніемъ своей потребности. Онъ считаетъ первоначально *количество движенія* (*т. v.*) эквивалентнымъ работѣ и только впослѣдствіи приходитъ къ мысли о *живой силѣ*. Въ области электричества онъ не могъ найти выраженія, эквивалентнаго работѣ. Это сдѣлалъ позже *Гельмгольцъ*. Такимъ образомъ сначала существуетъ *формальная потребность* и воззрѣніе на природу только постепенно къ ней приспособляется.

Вскрытіе *экспериментальнаго, логическаго и формальнаго* корня современнаго принципа сохраненія энергіи должно существеннымъ образомъ содѣйствовать устраненію мистики, отъ которой все еще не свободенъ этотъ принципъ. Что касается нашей формальной потребности въ простѣйшемъ, нагляднѣйшемъ субстанціальномъ пониманіи процессовъ въ окружающей насъ средѣ, то остается еще открытымъ вопросъ, насколько природа отвѣчаетъ ей, или въ какой мѣрѣ *мы* можемъ удовлетворить ей. На основаніи одного изъ предыдущихъ разсужденій, слѣдуетъ думать, что субстанціальное пониманіе принципа энергіи, подобно субстанціальному воззрѣнію на теплоту *Блэка*, имѣетъ свои естественныя границы въ фактахъ, за предѣлами которыхъ оно можетъ быть удержано только искусственно.

XIII.

Экономическая природа физическаго изслѣдованія [1]).

Когда мышленіе пытается отразить своими ограниченными средствами богатую жизнь вселенной, жизнь, лишь маленькою частью которой является оно само и исчерпать которую у него не можетъ быть никакой надежды, оно имѣетъ всѣ основанія экономно расходовать свои силы. Отсюда—стремленіе философіи всѣхъ временъ охватить основныя черты дѣйствительности посредствомъ небольшого числа органически расчлененныхъ идей. «Жизнь не понимаетъ смерти и смерть не понимаетъ жизни», говоритъ одинъ древній философъ. Тѣмъ не менѣе желая уменьшить сумму непонятнаго, постоянно старались объяснить смерть посредствомъ жизни, а жизнь посредствомъ смерти.

У культурныхъ народовъ древности мы находимъ природу наполненной демонами, чувствующими, подобно людямъ. *Анимистическій* взглядъ на природу, какъ его мѣтко и остроумно назвалъ историкъ культуры, *Тэйлоръ* [2]), столь характерный для поклоняющагося фетишамъ негра современной Африки, ничѣмъ существеннымъ не отличается отъ того же взгляда высоко развитыхъ народовъ древности. Это воззрѣніе никогда не исчезало совершенно. Никогда оно не было преодолѣно вполнѣ ни іудейскимъ, ни христіанскимъ монотеизмомъ. Болѣе того, именно въ эпоху расцвѣта естествознанія оно принимаетъ грозные патологическіе размѣры въ вѣрованіяхъ въ вѣдьмъ и другихъ суевѣріяхъ XVI и XVII столѣтій.

---

[1]) Лекція, прочитанная на торжественномъ засѣданіи Императорской Академіи Наукъ въ Вѣнѣ 25 мая 1882 г.—См. «Принципъ сохраненія работы» и «Механику». какъ и главу I настоящей книги, въ особенности стр. 13.

[2]) Die Anfange der Kultur. Leipzig. Winter. 1873.

Въ то время, какъ *Стевинъ*, *Кеплеръ* и *Галилей* осторожно, камень за камнемъ, строятъ фундаментъ для современнаго зданія естествознанія, современники ихъ, преисполненные жестокости и ужаса, выступаютъ въ походъ, вооруженные огнемъ и орудіями пытки, противъ нечистыхъ силъ, кишащихъ повсюду. Помимо всѣхъ переживаній, оставшихся отъ этихъ временъ, помимо слѣдовъ фетишизма, обнаруживающихся въ нашихъ физическихъ понятіяхъ [1]), эти представленія даютъ себя знать и въ настоящее время еще, хотя и въ стыдливо прячущемся видѣ, въ безсмысленныхъ занятіяхъ современныхъ спиритовъ.

Время отъ времени,—отъ *Демокрита* и до нашихъ дней,—рядомъ съ этимъ анимистическимъ воззрѣніемъ возникаетъ въ различныхъ формахъ другой взглядъ, съ подобнымъ же притязаніемъ на единственно-вѣрное пониманіе міра. Мы дадимъ ему общепонятное названіе *физико-механическаго*. Нѣтъ сомнѣнія, что ему въ настоящее время принадлежитъ первый голосъ, что онъ опредѣляетъ идеалы и характеръ нашего времени. Восемнадцатый вѣкъ былъ свидѣтелемъ *одного* великаго отрезвляющаго культурнаго движенія, въ результатѣ котораго разумъ человѣческій достигъ значенія, принадлежащаго ему по праву. Это движеніе создало для человѣка свѣтлую картину достойнаго существованія и тѣмъ способствовало побѣдѣ надъ старымъ варварствомъ въ области практической жизни; оно создало критику чистаго разума, прогнавшую въ царство тѣней обманчивые образы старой метафизики; оно отвело физико-механическому воззрѣнію на природу то первенствующее положеніе, которое онъ занимаетъ въ настоящее время.

Какъ бы вдохновеннымъ тостомъ, посвященнымъ научной работѣ XVIII столѣтія, звучатъ часто цитируемыя слова великаго *Лапласа* [2]): «Интеллектъ, которому были бы даны на мгновеніе всѣ силы природы и взаимное положеніе всѣхъ массъ и который былъ бы достаточно силенъ для того, чтобы подвергнуть эти данныя анализу, могъ бы въ одной формулѣ представить движенія величайшихъ массъ и мельчайшихъ атомовъ; ничего не было бы для него неизвѣстнаго, его взорамъ было бы открыто и прошедшее и будущее». *Лапласъ* разумѣлъ при этомъ, какъ это можно доказать,

---

[1]) Тэйлоръ. Ibid.

[2]) Essai philosophique sur les prababilités. 6 me ed. Paris 1840 стр. 4. Въ этой формулировкѣ не приняты во вниманіе, какъ это слѣдовало бы, начальныя скорости.

и атомы мозга. Еще яснѣе высказали это нѣкоторые изъ его послѣдователей, и въ цѣломъ идеалъ *Лапласа* едва ли чуждъ огромному большинству современныхъ естествоиспытателей.

Охотно раздѣляемъ съ творцемъ «Mécanique céleste» возвышенное чувство, возбуждаемое въ немъ мощнымъ ростомъ познанія, которому и мы обязаны своей духовной свободой. Но въ настоящее время, въ спокойномъ состояніи и предъ лицомъ *новой* работы физическому изслѣдованію приличествуетъ оградить себя отъ самообмана, познавъ собственную свою природу, чтобы за то быть въ состояніи съ тѣмъ большей увѣренностью преслѣдовать свои истинныя цѣли. Поэтому, если я далѣе, въ послѣдующемъ изложеніи, для котораго я прошу вашего благосклоннаго вниманія, буду выходить порой за тѣсные предѣлы собственной моей спеціальности и переходить на дружественныя сосѣднія области, мнѣ послужитъ, я надѣюсь, извиненіемъ то, что *матеріалъ* у всѣхъ *областей одинъ и тотъ же и что точно опредѣленныхъ, непередвигаемыхъ вѣхъ здѣсь вообще нѣтъ.*

Вѣра въ таинственныя чудодѣйственныя силы природы мало-по-малу исчезла. Но зато распространилась новая вѣра, вѣра въ чудодѣйственную силу науки. Доставляетъ же она сокровища, о какихъ ни въ одной сказкѣ не прочитаешь, и раздаетъ она ихъ, не какъ капризная фея—только счастливому избраннику—а всему человѣчеству. Нѣтъ, поэтому, ничего удивительнаго, если поклонники ея, стоящіе нѣсколько поодаль, вѣрятъ, будто она въ состояніи открыть передъ нами безконечныя, недоступныя нашимъ чувствамъ глубины природы. Но наука, пришедшая въ міръ для того, чтобы просвѣтить его, можетъ спокойно отстранить отъ себя всякій мистическій туманъ и всякую иллюзію, какъ бы блестяща она ни была: она не нуждается во всемъ этомъ для оправданія своихъ цѣлей или украшенія своихъ дѣлъ, открытыхъ для всѣхъ.

Лучше всего свидѣтельствуютъ о ея простомъ, всегда равномъ себѣ характерѣ скромные начатки науки. Первыя свѣдѣнія о природѣ человѣкъ пріобрѣтаетъ полусознательно и непроизвольно. Онъ инстинктивно воспроизводитъ и предвосхищаетъ факты въ мысляхъ, дополняя быстро движущимися мыслями то, что даетъ ему медленный опытъ, и во всемъ этомъ руководствуется сначала только своей матеріальной выгодой. Онъ, подобно животному, по звукамъ шаговъ воспроизводитъ представленіе о врагѣ, котораго

страшится, по скорлупѣ—представленіе о зернѣ плода, отыскиваемаго имъ, и поступаетъ онъ при этомъ не иначе, чѣмъ мы, когда воспроизводимъ въ мысляхъ тѣло по линіи спектра, электрическую искру по тренію стекла. Знаніе причинности въ этой формѣ несомнѣнно присуще и животнымъ, стоящимъ на болѣе низкой ступени развитія, чѣмъ любимая собака *Шопенгауэра*, которой онъ приписываетъ такое знаніе. Оно простирается на весь животный міръ и подтверждаетъ слова великаго мыслителя о томъ, что *воля* создала интеллектъ для своихъ цѣлей. Эти первыя психическія функціи основаны на экономіи организма не меньше, чѣмъ движеніе и пищевареніе. Кто станетъ отрицать, что мы чувствуемъ въ нихъ также элементарную мощь давно вошедшаго въ привычку логическаго и физіологическаго дѣйствія, которую мы получили въ наслѣдіе отъ нашихъ предковъ?

Эти первые акты познанія образуютъ еще и понынѣ самую прочную основу всего научнаго мышленія. Наши инстинктивныя знанія, какъ мы будемъ ихъ называть для краткости, пріобрѣтаютъ авторитетъ и логическую силу, именно благодаря тому убѣжденію, что мы ничего не прибавили къ нимъ сознательно и произвольно. Такого авторитета и такой силы не имѣютъ знанія, пріобрѣтенныя сознательно и произвольно, источники которыхъ намъ хорошо извѣстны и ошибочность которыхъ легко можетъ быть обнаружена. Всѣ, такъ называемыя, аксіомы представляютъ собою такія инстинктивныя познанія. Не одно только сознательно усвоенное, но и сильнѣйшій интеллектуальный инстинктъ, связанный съ значительной силой абстрактнаго мышленія, создаютъ великаго изслѣдователя. Важнѣйшіе успѣхи достигались тогда, когда то, что давно уже сознавалось инстинктивно, удавалось выразить въ ясныхъ понятіяхъ и, слѣдовательно, въ формѣ, въ которой это могло быть сообщено другимъ людямъ, и такимъ образомъ присоединить къ прочному достоянію человѣчества. Установленный *Ньютономъ* законъ равенства дѣйствія и противодѣйствія, правильность котораго чувствовалась всѣми, но который до него никѣмъ не былъ выраженъ въ опредѣленныхъ понятіяхъ, сразу поднялъ механику на высшую ступень. Нетрудно подтвердить также нашу мысль историческими примѣрами изъ научной дѣятельности *Стевина*, *С. Карно*, *Фарадея*, *Р. Майера* и др.

Сказанное касается почвы, на которой выростаетъ наука. Но развиваться она начинаетъ лишь въ обществѣ и въ особенности въ ремеслѣ, по мѣрѣ того, какъ возрастаетъ необходимость въ

обмѣнѣ накопленнымъ опытомъ. Только тогда—и это замѣтилъ уже не одинъ авторъ—является необходимость ясно представить себѣ важныя существенныя черты наблюдаемыхъ явленій, чтобы дать имъ соотвѣтствующія названія и сообщить о нихъ другимъ. То, что мы называемъ обученіемъ, имѣетъ цѣлью исключительно сбереженіе опыта одного человѣка при посредствѣ опыта другого.

Самая удивительная экономія въ сообщеніи заключается въ нашемъ языкѣ. Слова можно сравнить съ отлитымъ типографскимъ наборомъ, который, избавляя отъ повторенія письма, служитъ самымъ разнообразнымъ цѣлямъ; ихъ можно сравнить съ немногими звуками, изъ которыхъ образуются самыя разнообразныя слова. Языкъ и находящееся съ нимъ въ извѣстной взаимной связи абстрактное мышленіе составляютъ, какъ въ мозаичной картинѣ, неподвижные образы измѣнчиваго міра, останавливаясь на важнѣйшемъ, игнорируя безразличное, жертвуя, правда, точностью и вѣрностью, но зато экономизируя въ средствахъ и работѣ. Подобно тому, какъ піанистъ, *разъ навсегда* установленными тонами, такъ говорящій вызываетъ въ слушателѣ своими словами *разъ навсегда* подготовленныя для многихъ случаевъ мысли, которыя легко и свободно слѣдуютъ этому призыву.

Основные принципы, установленные превосходнымъ экономистомъ *Германномъ* для экономіи техники, находятъ полное примѣненіе и въ области обыденныхъ и научныхъ понятій. Въ научной терминологіи экономія языка, конечно, еще болѣе усовершенствованна. Что же касается экономіи письменнаго «сообщенія», то едва ли можно сомнѣваться, что именно наука осуществитъ старую мечту философовъ о всемірной международной письменности, въ которой письменные знаки изображали бы не звуки, а понятія. Эта мечта уже не такъ далека отъ осуществленія. Цифры и знаки, употребляемые въ математическомъ анализѣ, химическіе символы, музыкальныя ноты, наряду съ которыми можно было бы поставить соотвѣтствующее цвѣтовое письмо, фонетическое письмо *Брюке*,—все это является важными начатками на указанномъ пути. Будучи послѣдовательно развиты и связаны съ тѣмъ, чему учитъ уже существующее китайское письмо, они сдѣлаютъ излишнимъ особое измышленіе и декретированіе какой-нибудь всемірной письменности [1]).

---

[1]) [Само собою разумѣется, что для осуществленія мысли *Лейбница*, для созданія пазиграфіи или общей идеографіи необходима достаточно развитая, достаточно ясная и опредѣленная система понятій. Именно въ этомъ заключается величайшее затрудненіе. По мѣрѣ того, какъ съ ростомъ науки это

Научное «сообщеніе» всегда содержитъ въ себѣ описаніе, т. е. воспроизведеніе опыта въ мысляхъ, долженствующее *замѣнять* собою самый опытъ и такимъ образомъ *избавлять отъ необходимости* повторять его. Средствомъ же для сбереженія труда самого обученія и изученія служитъ *обобщающее описаніе*. Ничего другого не представляютъ собой и законы природы. Если, напримѣръ, мы замѣтимъ себѣ величину ускоренія тяжести и примемъ во вниманіе установленный *Галилеемъ* законъ паденія тѣлъ, то мы имѣемъ очень простую и сжатую формулу, при помощи которой мы можемъ воспроизводить въ мысляхъ всѣ возможные въ природѣ случаи движенія падающихъ тѣлъ. Такая формула, ни мало не обременяя памяти, вполнѣ замѣняетъ собой пространную таблицу, которую съ помощью этой формулы можетъ быть безъ особаго труда создана въ любой моментъ.

Всѣ разнообразные случаи преломленія свѣта не могла бы охватить никакая память. Но если мы замѣтимъ себѣ показатели преломленія для встрѣчающихся въ природѣ паръ средъ и примемъ во вниманіе извѣстный законъ синусовъ, мы можемъ безъ труда воспроизводить въ нашихъ мысляхъ любой случай преломленія. Выгода заключается въ облегченіи памяти, на помощь которой является кромѣ того возможность записывать постоянныя величины. Подобный законъ природы не содержитъ въ себѣ ничего, кромѣ сжатаго и полнаго отчета о фактахъ. Онъ, наоборотъ, содержитъ всегда даже меньше того, что дано въ самомъ фактѣ, такъ какъ онъ отражаетъ не полный фактъ, но лишь ту сторону его, которая важна для насъ, при чемъ по необходимости или намѣренно пренебрегается полнотой. Законы природы можно сравнить съ интеллектуальнымъ, отчасти подвижнымъ, отчасти стереотипнымъ наборомъ буквъ высшаго порядка, при чемъ стереотипы могутъ часто при новыхъ изданіямъ опыта оказываться даже помѣхой.

Когда мы впервые обозрѣваемъ какую-либо область фактовъ, она представляется намъ разнообразной, неодинаковой, запутанной и полной противорѣчій. Удается удерживать въ памяти лишь каждый отдѣльный фактъ, внѣ всякой связи съ остальными. Мы говоримъ, что область эта для насъ *не ясна*. Мало-по-малу мы отыскиваемъ въ этой мозаикѣ фактовъ простые, остающіеся равными себѣ,

---

необходимое условіе будетъ все ближе и ближе къ исполненію, будетъ все ближе и ближе къ осуществленію и идея пазиграфіи. И дѣйствительно, *G. Peano* въ Туринѣ создалъ такую идеографію въ области математики. См. докладъ объ этомъ *Л. Кутюра* въ Bulletin des Sciences Mathematiquls—1902].

элементы, изъ которыхъ можно мысленно составить всю область фактовъ. Разъ мы дошли до того, что во всемъ разнообразіи можемъ уже отыскивать *одни и тѣ же* факты, мы не чувствуемъ уже себя чуждыми въ этой области, мы обозрѣваемъ ее безъ особеннаго напряженія силъ, она для насъ *выяснена.*

Позвольте мнѣ разъяснить это на примѣрѣ. Какъ только пришли къ мысли о прямолинейномъ распространеніи свѣта, привычный ходъ нашихъ мыслей натолкнулся на явленія преломленія и отраженія. Едва намъ показалось, что мы справимся съ *однимъ* показателемъ преломленія, какъ мы тотчасъ же убѣдились, что для каждаго цвѣта нужно принять особый показатель. Привыкнувъ къ мысли, что свѣтъ .присоединяемый къ свѣту, усиливаетъ яркость его, мы вдругъ замѣтили при этихъ же условіяхъ случай ослабленія яркости. Но въ концѣ концовъ во всемъ этомъ непреодолимомъ разнообразіи свѣтовыхъ явленій мы всюду обнаруживаемъ фактъ пространственной и временной періодичности свѣта и находимъ, что скорость его распространенія зависитъ отъ вещества и отъ періода. Эта цѣль,—обозрѣніе данной области съ наименьшей тратой силъ и воспроизведеніе всѣхъ фактовъ въ *одномъ* процессѣ мысли,—вполнѣ можетъ быть названа экономической.

Эта экономія мысли наиболѣе развита въ той наукѣ, которая достигла наивысшаго формальнаго развитія и къ услугамъ которой такъ часто прибѣгаетъ и естествознаніе, т. е. въ математикѣ. Какъ бы это ни звучало странно, но сила математики кроется въ томъ, что она избѣгаетъ всѣхъ ненужныхъ мыслей и выказываетъ крайнюю бережливость въ операціяхъ мышленія. Уже самые знаки, называемые нами числами, образуютъ знмѣчательно простую и экономную систему. При умноженіи многозначнаго числа таблица умноженія позволяетъ намъ пользоваться результатами заранѣе произведенныхъ вычисленій вмѣсто того, чтобы повторять ихъ каждый разъ снова; употребляя логариѳмическія таблицы, мы замѣняемъ вычисленія, которыя нужно произвести, тѣми, которыя произведены уже давно, и тѣмъ сберегаемъ свой трудъ; прибѣгая къ помощи опредѣлителей, мы освобождаемъ себя отъ труда рѣшать заново каждую систему уравненій; новыя интегральныя выраженія мы разлагаемъ на выраженія, ранѣе намъ извѣстныя. Во всѣхъ этихъ операціяхъ мы видимъ слабую копію умственной дѣятельности какого-нибудь *Лагранжа* или *Коши*, создавшіе проникновеннымъ взоромъ вождя такую систему, при помощи которой мы вмѣсто того, чтобы производить сами тѣ или другія операціи,

пользуемся плодами цѣлой массы произведенныхъ уже операцій. Врядъ ли кто-нибудь станетъ спорить, если скажемъ, что вся математика, отъ самой элементарной вплоть до самой высшей, есть экономически упорядоченный, готовый къ употребленію *опытъ счета.*

Въ алгебрѣ мы производимъ, насколько то возможно, разъ навсегда вычисленія, которыя, будучи формально одинаковыми, позволяютъ въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ ограничиваться лишь незначительной частью работы. Къ употребленію алгебраическихъ и аналитическихъ знаковъ, служащихъ лишь символами вычисленій, которыя должны быть произведены, мы стали прибѣгать съ тѣхъ поръ, какъ замѣтили, что у насъ есть возможность облегчать голову и сохранять силы для болѣе важныхъ, болѣе трудныхъ функцій, передавая часть механически повторяющейся работы рукамъ. Устройство счетной машины есть лишь послѣдовательное приложеніе этого метода, указывающее на его экономическій характеръ. Изобрѣтатель этой машины, математикъ *Баббеджъ*, былъ первымъ, ясно понявшимъ это отношеніе и указавшимъ на него, хотя и мимоходомъ, въ своемъ сочиненіи о машинахъ и фабрикахъ.

Кто занимается математикой, тѣмъ можетъ иногда овладѣть непріятное чувство, какъ будто его наука, даже его карандашъ, превосходятъ его умомъ. Отдѣлаться отъ такого впечатлѣнія не всегда былъ въ состояніи, какъ онъ самъ сознается въ этомъ, даже великій *Эйлеръ*. Чувство это до извѣстной степени законно, если принять во вниманіе, какъ много чужихъ мыслей, часто насчитывающихъ за собой столѣтія существованія, мы находимъ въ наукѣ и какъ легко мы оперируемъ ими. Да, дѣйствительно, мы находимъ въ наукѣ отчасти *чужія* намъ мысли. Но разъ мы узнали, въ чемъ дѣло, все мистическое и магическое, что кроется въ указанномъ чувствѣ, устраняется, тѣмъ болѣе, что въ нашей волѣ оказывается вновь передумать ту или иную изъ чужихъ мыслей.

Физика представляетъ собой экономически упорядоченный опытъ. Благодаря этому упорядоченію, не только становится возможнымъ обозрѣвать то, что уже пріобрѣтено, но выясняются пробѣлы и необходимость поправокъ, какъ это бываетъ при обозрѣніи образцоваго хозяйства. Физика, подобно математикѣ, даетъ обобщающее описаніе фактовъ и краткое, сжатое, но исключающее всякую возможность смѣшенія, обозначеніе понятій, изъ которыхъ нѣкоторыя въ свою очередь содержатъ въ себѣ много другихъ понятій, при чемъ это не является обременительнымъ для нашего ума. Мы можемъ каждое мгновеніе воспроизвести все богатое содержаніе

понятія и развить его до полной чувственной ясности. Какое множество упорядоченныхъ, готовыхъ къ употребленію, мыслей охватываетъ собой, напримѣръ, понятіе потенціала. Нѣтъ, поэтому, ничего удивительнаго, если въ концѣ концовъ оперированіе понятіями, въ которыхъ заключено такъ много готовой уже работы, является такимъ легкимъ дѣломъ.

Итакъ, первыя наши познанія являются въ результатѣ экономіи самосохраненія. Благодаря сообщенію, *опытъ* многихъ индивидуумовъ, опытъ, который когда-нибудь долженъ былъ быть пережитъ въ дѣйствительности, накопляется у *одного* индивидуума. Потребность отдѣльнаго лица овладѣть всею суммою опыта съ наименьшей тратой умственныхъ силъ служитъ, на ряду съ сообщеніемъ, побужденіемъ къ экономическому упорядоченію. Но этимъ и исчерпывается вся загадочная мощь науки. Въ частности она не можетъ дать намъ ничего, чего не могъ бы узнать каждый въ достаточно продолжительное время, не пользуясь никакимъ методомъ. Всякая математическая задача могла бы быть рѣшена непосредственно путемъ простого счета. Есть однако вычисленія, которыя въ настоящее время производятся въ нѣсколько минутъ, но для производства которыхъ не хватило бы и человѣческой жизни, если не пользоваться никакимъ методомъ. Подобно тому, какъ одинъ человѣкъ, вынужденный пользоваться только плодами собственнаго своего труда, никогда не составилъ бы себѣ болѣе или менѣе порядочнаго состоянія, такъ какъ условіемъ богатства и силы является скопленіе труда многихъ людей въ однѣхъ рукахъ, такъ и знаніе при ограниченныхъ силахъ и въ ограниченное время можетъ быть достигнуто только при условіи особенной экономіи въ мысляхъ, при скопленіи экономически-упорядоченнаго опыта тысячъ въ головѣ *одного*. Такимъ образомъ, все, что могло бы казаться чудеснымъ, объясняется, какъ это часто бываетъ и въ общественной жизни, образцовымъ веденіемъ хозяйства. Но хозяйство науки имѣетъ то преимущество предъ всякимъ другимъ хозяйствомъ, что накопленіе *ея* богатствъ не причиняетъ никому ни малѣйшаго ущерба. Въ этомъ ея благодать, ея освободительная, искупительная сила.

Познаніе экономической природы науки вообще поможетъ намъ легче оцѣнить нѣкоторыя физическія понятія.

То, что мы называемъ *причиной* и *слѣдствіемъ*, представляетъ собой ярко выдѣляющіеся признаки опыта, играющіе важную роль

въ процессѣ воспроизведенія фактовъ въ нашихъ мысляхъ. Но они теряютъ это важное свое значеніе, уступая его другимъ признакамъ, какъ только опытъ становится привычнымъ. Если связь такихъ признаковъ производитъ на насъ впечатлѣніе необходимой связи, то это объясняется только тѣмъ, что намъ часто удавалось включеніе давно знакомыхъ промежуточныхъ членовъ, обладающихъ, поэтому, для насъ высшимъ авторитетомъ. Готовый уже опытъ въ созиданіи мозаики мыслей, съ которымъ мы подходимъ къ каждому новому случаю, *Кантъ* назвалъ прирожденнымъ разсудочнымъ понятіемъ.

Самыя важныя положенія физики ничѣмъ не отличаются отъ описательныхъ положеній естественной исторіи, какъ только мы разложимъ ихъ на ихъ элементы. Вопросъ «почему», цѣлесообразный вездѣ, гдѣ дѣло идетъ о выясненіи какого-нибудь противорѣчія, можетъ, подобно всякой цѣлесообразной привычкѣ, выходить и за предѣлы данной цѣли и можетъ быть поставленъ тамъ, гдѣ нечего уже разъяснять.

Если бы мы захотѣли приписать природѣ то свойство, что она при равныхъ условіяхъ приводитъ къ равнымъ послѣдствіямъ, мы не съумѣли бы найти этихъ равныхъ условій. Природа существуетъ только разъ. Только наше схематическое воспроизведеніе фактовъ въ мысляхъ создаетъ равные случаи. Поэтому, только здѣсь и существуетъ зависимость извѣстныхъ признаковъ другъ отъ друга.

Всѣ наши старанія отразить міръ въ нашихъ мысляхъ оставались бы тщетными, если-бы намъ не удавалось находить *постоянное* въ пестрой смѣнѣ явленій. Отсюда и стремленіе къ понятію субстанціи, источникъ котораго тотъ же, что и источникъ современныхъ идей о *сохраненіи* энергіи. Исторія физики почти во всѣхъ ея областяхъ изобилуетъ примѣрами, свидѣтельствующими объ этомъ стремленіи, проявленія котораго можно прослѣдить даже у дѣтей. «Куда дѣвается свѣтъ, когда его тушатъ и онъ исчезаетъ изъ комнаты», спрашиваетъ ребенокъ. Когда шаръ, наполненный водородомъ, внезапно сплющивается, то это — явленіе, совершенно непонятное для ребенка; онъ повсюду ищетъ большое тѣло, которое только что было передъ его глазами. «Откуда взялась теплота?» «Куда дѣвается теплота?» Подобнаго рода дѣтскіе вопросы въ устахъ зрѣлыхъ людей опредѣляютъ характеръ вѣка.

Когда мы выдѣляемъ въ мысляхъ какое-нибудь тѣло изъ его постоянно мѣняющейся среды, то мы, собственно говоря, выдѣляемъ только изъ потока ощущеній одну группу ихъ, обладающую

сравнительно большимъ *постоянствомъ* и привлекшую къ себѣ наше мышленіе. Абсолютнымъ постоянствомъ эта группа не обладаетъ. То одинъ, то другой членъ ея исчезаетъ и снова появляется, мѣняется и вполнѣ тождественнымъ не возвращается, собственно, никогда. Тѣмъ не менѣе сумма остающихся членовъ остается сравнительно съ измѣняющимися—когда мы обращаемъ вниманіе на непрерывность перехода—настолько великой, что она кажется намъ достаточной для того, чтобы признать тѣло *однимъ и тѣмъ же*. Въ виду того, что мы можемъ исключать изъ группы каждый членъ въ отдѣльности безъ того, чтобы тѣло перестало быть для насъ тѣмъ же самымъ, мы легко можемъ подумать, что и послѣ исключенія *всѣхъ* членовъ осталось бы еще кое-что, кромѣ нихъ. Такъ мы приходимъ къ мысли объ, отличной отъ своихъ признаковъ, субстанціи, нѣкоторой «вещи въ себѣ», символами свойствъ которой являются наши ощущенія. Правильно же сказать, наоборотъ, что тѣла или вещи суть сокращенные мысленные символы для группъ ощущеній, символы, которые внѣ нашего мышленія не существуютъ. Такъ и каждый купецъ разсматриваетъ этикетку на ящикѣ, какъ символъ содержащагося въ немъ товара, а не наоборотъ. Онъ придаетъ реальное значеніе не этикеткѣ, а товару. Экономія, побуждающая насъ разложить группу на ея составныя части и устанавливать *специіальные* символы для тѣхъ изъ нихъ, которые содержатся и въ другихъ группахъ, можетъ побудить насъ и къ тому, чтобы обозначить всю группу *однимъ* символомъ.

На древнихъ египетскихъ памятникахъ мы видимъ фигуры, соотвѣтствующія не *одному* зрительному воспріятію, а многимъ и различнымъ зрительнымъ воспріятіямъ. Головы и ноги фигуръ сдѣланы въ профиль, головной уборъ и грудь видны спереди и т. д. Это, такъ сказать, средній видъ (mittlerer Anblick), въ которомъ художникъ удержалъ то, что ему казалось важнымъ, и пренебрегъ безразличнымъ. Тотъ же процессъ, увѣковѣченный на стѣнахъ тѣхъ храмовъ, мы можемъ наблюдать воочію и въ рисункахъ нашихъ дѣтей, и нѣчто аналогичное мы наблюдаемъ при образованіи понятій въ нашей головѣ. Только въ смыслѣ этой привычности общаго обзора мы можемъ говорить объ *одномъ* тѣлѣ. Когда мы говоримъ о кубѣ, что углы его усѣчены, хотя, вѣдь, это уже болѣе не кубъ, то это дѣлается изъ естественной экономіи, предпочитающей готовое, привычное представленіе, въ сопровожденіи необходимой поправки, образованію совершенно новаго представленія. Всѣ наши сужденія основаны на этомъ процессѣ.

Живопись египтянъ и рисунки нашихъ дѣтей не выдерживаютъ критики. Тоже самое можно сказать о грубомъ представленіи о тѣлѣ. Физикъ, наблюдающій, какъ тѣло сгибается, расширяется, плавится и испаряется, разлагаетъ его на болѣе мелкія части, остающіяся постоянными; химикъ дробитъ его на элементы. Но даже такой элементъ, какъ натрій, не неизмѣненъ. Изъ мягкой серебристой массы онъ при нагрѣваніи превращается въ жидкость, которая, если нагрѣть ее при болѣе высокой температурѣ безъ доступа воздуха, превращается въ пары, имѣющіе при натровомъ свѣтѣ фіолетовый цвѣтъ, а при дальнѣйшемъ нагрѣваніи сами испускающіе желтый свѣтъ. Во всѣхъ этихъ состояніяхъ мы продолжаемъ называть его натріемъ, и дѣлаемъ мы это такъ вслѣдствіе непрерывности всѣхъ переходовъ и изъ необходимой экономіи. Пары могутъ быть опять сгущены и тогда снова получается бѣлый металлъ. Даже послѣ того, какъ металлъ этотъ, положенный въ воду, превращается въ водную окись натрія, свойства его, совершенно при этомъ исчезнувшія, могутъ при соотвѣтствующей обработкѣ снова обнаружиться, подобно тѣлу, которое, скрывшись въ своемъ движеніи на нѣкоторое время за колонной, потомъ снова появляется. Итакъ, весьма цѣлесообразно, безъ сомнѣнія, держать всегда наготовѣ названіе и мысль для опредѣленной группы свойствъ, гдѣ бы они не появлялись. Но эта мысль и это названіе ничего болѣе собой не представляютъ, какъ только экономически сокращающіе символы всѣхъ этихъ явленій. У кого же имя не вызываетъ цѣлаго ряда упорядоченныхъ чувственныхъ впечатлѣній, для того оно является пустымъ звукомъ. То же самое слѣдуетъ сказать и о молекулахъ и атомахъ, на которые разлагаютъ еще химическіе элементы.

Прямымъ доказательствомъ постоянства матеріи принято, правда, считать сохраненіе вѣса или же — точнѣе говоря — массы. Но это доказательство, если присмотрѣться ближе, распадается на такую массу инструментальныхъ и интеллектуальныхъ операцій, что оно од извѣстной степени констатируетъ лишь нѣкоторое *уравненіе*, которому должны удовлетворять наши представленія, воспроизводящія факты опыта. Внѣ нашего мышленія мы напрасно стали бы искать тотъ темный комокъ, который мы невольно привносимъ нашимъ мышленіемъ [1]).

---

[1]) Подъ паролемъ: «Преодолѣніе научнаго матеріализма» были впослѣдствіи развиты родственныя этимъ идеи *В. Оствальдомъ*.

Такимъ образомъ вездѣ прокрадывается незамѣтно въ науку грубое понятіе субстанціи, но всегда оно оказывается недостаточнымъ и постоянно приходится ограничить область его примѣненія все меньшими и меньшими частями міра. Высшая ступень, опирающаяся на низшую, не дѣлаетъ послѣднюю излишнею, подобно тому, какъ искусственныя средства транспорта не устраняютъ самаго простого способа передвиженія,—пѣшаго хожденія. Тѣло, какъ связанная ощущеніями пространства сумма свѣтовыхъ и осязательныхъ ощущеній, должно быть такъ же привычно физику, желающему взять его въ руки, какъ и животному, стремящемуся къ своей добычѣ. Но человѣкъ, приступающій къ изученію теоріи познанія, долженъ, подобно геологу и астроному, отъ образованій, которыя происходятъ передъ его глазами, умозаключать къ тѣмъ, которыя онъ заранѣе находитъ готовыми.

Всѣ положенія и понятія физики представляютъ собой ничто иное, какъ сокращенныя указанія на экономически-упорядоченныя, готовыя для примѣненія, данныя опыта,—указанія, часто содержащія въ себѣ еще и другія такія указанія. Если содержаніе этихъ указаній лишь рѣдко повторяется совершенно, то вслѣдствіе краткости своей они часто получаютъ видъ самостоятельныхъ сущностей. Мы, конечно, не станемъ здѣсь останавливаться на поэтическихъ миѳахъ, вродѣ миѳа о все созидающемъ и все поглощающемъ времени. Мы припомнимъ только, что еще *Ньютонъ* говорилъ объ *абсолютномъ* времени, независимомъ отъ всѣхъ явленій, и объ абсолютномъ пространствѣ. Даже *Кантъ* не могъ отдѣлаться отъ этихъ воззрѣній, и еще въ наше время ихъ отстаиваютъ нерѣдко вполнѣ серьезно. Для естествоиспытателя всякое опредѣленіе времени служитъ лишь сокращеннымъ обозначеніемъ зависимости одного явленія отъ другого и рѣшительно ничего больше въ себѣ не заключаетъ. Когда мы говоримъ, что ускореніе свободно падающаго тѣла составляетъ 9,810 метровъ въ секунду, то это значитъ, что скорость тѣла по направленію къ центру земли увеличивается на 9,810 метровъ въ тотъ промежутокъ времени, въ который земля дѣлаетъ $\frac{1}{86.400}$ часть своего оборота. Послѣднее же опять-таки узнается лишь изъ сравненія съ другими небесными тѣлами. Въ скорости заключается лишь отношеніе положенія даннаго тѣла къ положенію земли [1]. Мы можемъ разсматривать всѣ явленія въ ихъ

[1]) Ясно, поэтому, что всѣ, такъ называемые, элементарные законы всегда заключаютъ въ себѣ отношеніе къ цѣлому.

отношеніи къ часамъ или къ нашему внутреннему ощущенію времени вмѣсто того, чтобы брать ихъ въ отношеніи къ землѣ. А такъ какъ между всѣми явленіями существуетъ связь и каждое изъ нихъ можетъ быть мѣрою другихъ, то легко получается иллюзія, будто время имѣетъ еще какое-то значеніе, независимое отъ *всѣхъ* этихъ явленій [1]).

Цѣль нашихъ изслѣдованій—найти уравненія, существующія между элементами явленій. Въ уравненіи эллипса выражено болѣе общее мыслимое отношеніе между координатами, только реальныя значенія которыхъ имѣютъ *геометрическій* смыслъ. Такъ и уравненія между элементами явленій выражаютъ болѣе общее математически мыслимое отношеніе; физически же допустимо только опредѣленное направленіе измѣненія нѣкоторыхъ величинъ. Какъ въ эллипсѣ возможны только извѣстныя величины, соотвѣтствующія уравненію его, такъ и въ мірѣ происходятъ лишь извѣстныя *измѣненія величинъ*. Тѣла, притягиваемыя къ землѣ, падаютъ всегда съ все возрастающей скоростью; разности температуръ, предоставленныя самимъ себѣ, становятся всегда *меньше* и т. д. Что касается даннаго намъ пространства, то математическія и физіологическія изслѣдованія показали, какъ извѣстно, что оно представляетъ собой одинъ *дѣйствительный* случай въ цѣломъ рядѣ *мыслимыхъ*, съ особенностями котораго насъ можетъ познакомить только опытъ. Какъ бы ни были чудовищны примѣненія, которыя дѣлались изъ этой мысли, невозможно все же отрицать всей разъясняющей силы ея.

Попробуемъ подвести нѣкоторые итоги нашему обзору. Въ экономическомъ схематизированіи науки кроется ея сила, но въ немъ же и ея слабость. Изображая факты, мы всегда жертвуемъ полнотой, описывая ихъ не точнѣе, чѣмъ этого требуютъ наши потребности даннаго момента. Такимъ образомъ отсутствіе полнаго совпаденія между мышленіемъ и опытомъ будетъ существовать всегда, покуда будутъ существовать рядомъ они оба; несоотвѣтствіе это только постоянно уменьшается.

Въ дѣйствительности дѣло идетъ всегда лишь о пополненіи

[1]) Намъ могутъ возразить, что мы могли бы это замѣтить и вовсе не должны были бы терять мѣры времени, а мы могли бы, если скорость вращенія земли подвержена колебаніямъ, воспользоваться вмѣсто того хотя-бы продолжительностью колебаній свѣтовыхъ волнъ натрія. Но этимъ было бы доказано только то, что мы изъ практическихъ соображеній выбираемъ то явленіе, которое можетъ служить *простѣйшей* общей мѣрой остальныхъ.

опыта, который данъ намъ не вполнѣ, о выводѣ одной части явленія изъ другой. Наши представленія должны при этомъ опираться прямо на ощущенія. Мы называемъ это измѣреніемъ. Какъ возникновеніе, такъ и примѣненіе науки связано съ значительнымъ постоянствомъ окружающей насъ среды. Она учитъ насъ одному — взаимной зависимости между явленіями. Абсолютныя пророчества не имѣютъ, поэтому, никакого научнаго смысла. При большихъ измѣненіяхъ въ небесномъ пространствѣ мы сразу потеряли бы свою координатную систему пространства и времени.

Когда геометръ желаетъ изучить форму кривой, онъ разлагаетъ ее предварительно на маленькіе прямолинейные элементы. Но онъ прекрасно понимаетъ, что послѣдніе служатъ лишь временнымъ, произвольно избраннымъ средствомъ разсмотрѣть по частямъ то, что не удается охватить сразу. Разъ найденъ законъ кривой, онъ уже больше не думаетъ о ея элементахъ. Точно также и естествознанію не подобаетъ видѣть въ созданныхъ имъ самимъ измѣнчивыхъ экономическихъ средствахъ, въ молекулахъ и атомахъ, *реальности* позади явленій, не подобаетъ ему, забывая о недавно усвоенной мудрой осмотрительности болѣе отважной сестры его, философіи, создавать *механическую миѳологію* на мѣсто анимистической или метафизической и тѣмъ создавать мнимыя проблемы. Пусть атомъ остается средствомъ для изображенія явленій, подобно функціямъ математики. Но постепенно, по мѣрѣ роста интеллектуальной дисциплины, естествознаніе оставляетъ эти мозаичныя игрушки и старается изучить границы и формы того русла, по которому несется живой потокъ явленій. *Самое экономное и простое выраженіе фактовъ черезъ понятія, вотъ въ чемъ оно признаетъ свою цѣль.*

Зададимся теперь еще вопросомъ, простирается ли и на область психическаго міра тотъ методъ изслѣдованія, область примѣненія котораго мы безмолвно принимали ограниченной однимъ міромъ физическимъ. Естествоиспытателю такой вопросъ покажется празднымъ. Физическія и психологическія теоріи равно берутъ свое начало въ инстинктивныхъ познаніяхъ. Мы оказываемся въ состояніи, сами не зная какъ, по дѣйствіямъ и по выраженію лица читать мысли людей. Мы представляемъ себѣ движеніе магнитной стрѣлки по направленію тока, воображая себя въ положеніи пловца. Точно такъ же мы представляемъ себѣ мысленно дѣйствія человѣка, предполагая, что ощущенія, чувства и желанія,

связанныя съ его тѣломъ, подобны нашимъ. То, что мы дѣлаемъ въ данномъ случаѣ инстинктивно, должно было бы показаться намъ весьма остроумнымъ научнымъ пріемомъ, оставляющимъ далеко позади себя правило Ампера по важности и геніальной концепціи, если бы этотъ пріемъ не находило безсознательно каждое дитя. Поэтому, рѣчь можетъ идти лишь о томъ, чтобы научно, т. е. въ формѣ понятій выразить то, съ чѣмъ мы и безъ того освоились. Но въ этомъ отношеніи дѣла не мало. Цѣлую цѣпь фактовъ нужно раскрыть между физикой мимики и тѣлодвиженій съ одной стороны и ощущеніемъ и мыслью — съ другой.

Мы часто слышимъ вопросъ: «Какимъ образомъ возможно объяснить ощущеніе движеніемъ атомовъ мозга»? Дѣйствительно, такое объясненіе никогда не удастся, какъ никогда закономъ преломленія нельзя будетъ объяснить, какимъ образомъ свѣтъ грѣетъ и свѣтитъ. Но насъ вовсе не должно смущать то, что на эти вопросы нѣтъ удовлетворительнаго отвѣта, такъ какъ и вопроса тутъ собственно никакого нѣтъ. Дитя, смотрящее съ городской стѣны внизъ, съ удивленіемъ замѣчаетъ тамъ, въ глубокомъ рву людей и, не зная о существованіи дороги черезъ ворота, оно не понимаетъ, какъ эти люди могли сойти туда съ высокой стѣны. Такъ же обстоитъ дѣло и съ физическими понятіями. Съ помощью своихъ абстракцій мы не можемъ подниматься въ область психологіи, но зато можемъ спускаться въ нее.

Посмотримъ на положеніе вещей безъ какого бы то ни было предвзятаго мнѣнія. Міръ состоитъ изъ цвѣтовъ, звуковъ, давленій, пространствъ, временъ и т. д. Мы *теперь* не будемъ называть ихъ *ни явленіями, ни ощущеніями,* такъ какъ за обоими этими словами скрывается уже односторонняя, произвольная теорія. Мы назовемъ ихъ просто *элементами.* Охватить, посредственно или непосредственно, потокъ этихъ элементовъ—вотъ что составляетъ настоящую цѣль естествознанія. Пока, не обращая вниманія на собственное свое тѣло, мы занимаемся изученіемъ *взаимной* зависимости тѣхъ группъ элементовъ, которыя образуютъ *чужія* тѣла, включая сюда тѣла людей и животныхъ, мы остаемся физиками. Мы изучаемъ, напримѣръ, измѣненіе краснаго цвѣта какого-нибудь тѣла съ измѣненіемъ освѣщенія. Но какъ только мы обратимъ вниманіе на то особое вліяніе, которое оказываютъ на цвѣтъ тѣла элементы, образующіе наше тѣло [оно отличается отъ другихъ извѣстнымъ перспективнымъ изображеніемъ съ невидимой

головой [1])], мы вступаемъ въ область физіологической психологіи. Мы закрываемъ глаза,—и красный цвѣтъ вмѣстѣ со всѣмъ видимымъ міромъ исчезаетъ. Такъ въ полѣ воспріятія каждаго органа чувствъ есть часть, оказывающая на всѣ остальныя части иное и болѣе сильное вліяніе, чѣмъ эти остальныя части одна на другую. Но этимъ сказано все. Въ виду этого мы *всѣ* элементы, поскольку мы разсматриваемъ ихъ въ зависимости отъ указанной отдѣльной части (отъ нашего тѣла), называемъ *ощущеніями*. Въ этомъ смыслѣ міръ, дѣйствительно, есть наше ощущеніе. Но возводить этотъ взглядъ въ систему жизни и оставаться ея рабами, намъ совсѣмъ нѣтъ надобности. Намъ не слѣдуетъ этого дѣлать, какъ не дѣлаетъ этого математикъ, который, принявъ раньше рядъ перемѣнныхъ нѣкоторой функціи за постоянный рядъ, потомъ начинаетъ разсматривать его, какъ рядъ перемѣнный, или который измѣняетъ независимыя перемѣнныя, хотя бы это и открывало передъ нимъ порой совершенно неожиданные горизонты [2]).

Если придерживаться такого наивнаго взгляда на вещи, то представляется несомнѣннымъ, что методъ психологической физіологіи можетъ быть только физическимъ и даже что эта наука становится частью физики. Матеріалъ этой науки ничѣмъ не отличается отъ матеріала физики. Она, безъ сомнѣнія, установитъ отношеніе ощущеній къ физикѣ нашего тѣла. Уже одинъ изъ членовъ Императорской Академіи Наукъ въ Вѣнѣ указалъ на то что шестимѣрному многообразію цвѣтовыхъ ощущеній, по всей вѣроятности, соотвѣтствуетъ шестимѣрное многообразіе химическаго процесса въ зрительной субстанціи, а трехъмѣрному многообразію пространственныхъ ощущеній соотвѣтствуетъ трехъмѣрное многообразіе физіологическаго процесса. Изслѣдуются и открываются проводящіе пути рефлексовъ и воли; устанавливается, какая область мозга служитъ нашей рѣчи и какая—нашимъ дви-

[1]) См. книгу Э. Махъ, «Анализъ ощущеній», изд. 1-е С. А. Скирмунта, гл. I. Прим. перев.

[2]) Указанной здѣсь точки зрѣнія я придерживаюсь уже около 20-ти лѣтъ. Я проводилъ ее въ различныхъ сочиненіяхъ («Erhaltung der Arbeit» 1872. «Gestalten der Flüssigkeit» 1872. «Bewegungsempfindungen» 1875). Отъ этой точки зрѣнія далеки, если не философы, то большинство естествоиспытателей. Тѣмъ болѣе досадно, что я совершенно забылъ заглавіе и фамилію автора маленькой статьи, въ которой высказывались взгляды, совпадавшіе съ моими даже въ частностяхъ, и которую я мимоходомъ видѣлъ, если не ошибаюсь, во время усиленныхъ занятій (1879—1880). Всѣ попытки снова найти ее оставались до сихъ поръ тщетными.

женіямъ. То, что еще остается связаннымъ съ нашимъ тѣломъ, наши мысли, не представитъ уже принципіально новыхъ затрудненій. Разъ опытъ выяснитъ эти факты и наука приведетъ ихъ въ такой порядокъ, что они будутъ поддаваться общему обзору съ наименьшей тратой силъ, мы несомнѣнно будемъ и *понимать* ихъ. Ибо *другого* пониманія, кромѣ систематизаціи фактовъ въ мысляхъ, не было никогда. Наука не *создаетъ* одного факта изъ другого, а *приводитъ* лишь въ *порядокъ* тѣ факты, которые уже извѣстны.

Разсмотримъ теперь еще нѣсколько ближе психологически-физіологическое изслѣдованіе. Мы имѣемъ вполнѣ ясное представленіе о томъ, какъ тѣло движется въ окружающей его средѣ. Наше оптическое поле зрѣнія весьма привычно намъ и знакомо. Но мы обыкновенно не можемъ указать, какъ мы пришли къ той или другой мысли, изъ какого угла интеллектуальнаго поля зрѣнія она вынырнула и изъ какого мѣста его былъ данъ импульсъ движенію. Это духовное поле зрѣнія никогда не удастся изучить однимъ самонаблюденіемъ. Выяснитъ его и вмѣстѣ съ тѣмъ откроетъ лишь передъ нами нашего внутренняго человѣка самонаблюденіе *въ связи* съ физіологическимъ изслѣдованіемъ, направленнымъ къ установленію существующихъ физическихъ связей.

Естествознаніе или физика въ самомъ широкомъ смыслѣ знакомитъ насъ съ самыми крѣпкими связями между группами элементовъ. На отдѣльныя составныя части этихъ группъ мы сначала не должны обращать много вниманія, если мы хотимъ сохранить осязательное цѣлое. Физика даетъ намъ вмѣсто уравненій между первоначальными перемѣнными уравненія между функціями ихъ, такъ какъ это ей легче. Психологическая физіологія научаетъ насъ отдѣлять отъ тѣла видимое, слышимое, осязаемое. Находя сильную опору въ физикѣ, она отплачиваетъ ей въ свою очередь значительной помощью, какъ это явствуетъ уже изъ подраздѣленія отдѣловъ физики. Видимое физіологія, далѣе, подраздѣляетъ на свѣтовыя и пространственныя ощущенія и затѣмъ первыя подраздѣляетъ на цвѣта и вторыя тоже на ихъ составныя части; шумы она раздѣляетъ на звуки, звуки на тоны и т. д. Нѣтъ никакого сомнѣнія, что анализъ этотъ можетъ быть проведенъ гораздо дальше еще, чѣмъ это уже сдѣлано. Въ концѣ концовъ окажется даже возможнымъ указать то общее, что лежитъ въ основѣ весьма абстрактныхъ и все же опредѣленныхъ логическихъ актовъ одинаковой формы, что съ такой увѣренностью и точностью улавливается проницательнымъ юристомъ и математикомъ тамъ, гдѣ человѣкъ не-

свѣдущій слышитъ лишь пустыя слова. Физіологія, однимъ словомъ, вскроетъ передъ нами настоящіе реальные элементы міра. Такимъ образомъ отношеніе физіологической психологіи къ физикѣ въ самомъ широкомъ смыслѣ схоже съ отношеніемъ химіи къ физикѣ въ тѣсномъ смыслѣ.—Отношенія взаимопомощи между естествознаніемъ и психологіей будутъ гораздо тѣснѣе, чѣмъ тѣ-же отношенія между физикой и химіей, и плоды этой взаимопомощи оставятъ далеко позади себя объясненія современной механической физики.

Каковы будутъ тѣ понятія, въ которыхъ будетъ обобщенъ весь міръ, когда цѣпь физическихъ и психологическихъ фактовъ, раздѣленная въ настоящее время на эти двѣ половины, окажется замкнутой? Само собою разумѣется, что въ началѣ работы сказать это невозможно. Найдутся люди, которые сочтутъ себя въ правѣ и у которыхъ найдется мужество вмѣсто того, чтобы брести по извилистой тропинкѣ логическаго и историческаго случая, избрать прямые пути къ тѣмъ высотамъ, съ которыхъ можно обозрѣть весь потокъ фактовъ. Сохранитъ-ли еще тогда какое-либо научное значеніе то понятіе, которое мы называемъ теперь *матеріей*, или оно сохранится лишь въ житейскомъ обиходѣ,—мы не знаемъ. Но потомкамъ нашимъ, безъ сомнѣнія, будетъ когда-нибудь непонятно слѣдующее: какъ мы могли въ нашемъ физическомъ мірѣ атомовъ потерять вдругъ цвѣта и тоны, которые, вѣдь, всего намъ ближе? Какъ мы могли изумляться тому, что то, что во внѣшнемъ мірѣ шумитъ и стучитъ, во внутреннемъ нашемъ мірѣ, въ нашей головѣ, свѣтитъ и поетъ? Какимъ образомъ мы могли задаваться вопросомъ, какъ можетъ *ощущать* матерія, т. е. какъ можетъ ощущать мысленный символъ для группы ощущеній?

Рисовать науку будущаго въ точно опредѣленныхъ, ясныхъ линіяхъ мы не можемъ. Но предугадывать мы можемъ, что въ будущемъ рухнетъ постепенно прочная стѣна между человѣкомъ и міромъ, что люди будутъ относиться съ меньшимъ эгоизмомъ и болѣе теплымъ чувствомъ не только къ себѣ подобнымъ, но и ко всей органической и даже къ, такъ называемой, мертвой природѣ. Такое предчувствіе могло охватить 2000 лѣтъ тому назадъ великаго китайскаго философа, *Лицзія*, когда онъ, указывая на старыя человѣческія кости, обратился къ своимъ ученикамъ въ лапидарномъ стилѣ, диктуемомъ ихъ письменами, со словами: «Только я и эти кости знаемъ, что мы ни живы, ни мертвы».

XIV.

Преобразованіе и приспособленіе въ естественно-научномъ мышленіи[1].

Оставивъ безъ вниманія діалектическія ухищренія и софистическія тонкости ученыхъ школъ своего времени, т. е. конца XVI столѣтія, *Галилей* обратился своимъ яснымъ взоромъ къ природѣ, чтобы преобразовать свои мысли въ примѣненіи *къ ней* вмѣсто того, чтобы сковать *ее* въ оковахъ своихъ предвзятыхъ взглядовъ. И вотъ тогда почувствовали и въ кругахъ, стоявшихъ далеко отъ науки, даже въ тѣхъ слояхъ общества, которые обыкновенно относятся лишь отрицательно къ наукѣ, всю ту огромную перемѣну, которая завершилась этимъ въ человѣческомъ мышленіи.

И дѣйствительно, велика была эта перемѣна! Отчасти, какъ непосредственное послѣдствіе идей *Галилея*, отчасти какъ результатъ возродившейся свѣжести и непосредственности въ наблюденіи природы, научившей *Галилея* создавать его понятія о паденіи тѣлъ

---

[1]) Лекція, прочитанная на актѣ по поводу вступленія въ должность ректора нѣмецкаго университета въ Прагѣ 18 октября 1883. См. также гл. V и „Механику“.

Изложенная здѣсь идея по существу своему не нова и даже сама собой напрашивается. Я самъ затрагивалъ ее уже въ 1866 г. и позже, но не дѣлалъ ее главной темой своего изслѣдованія (см. гл. V). Обсуждалась эта идея и нѣкоторыми другими учеными: она чувствуется въ воздухѣ. Но такъ какъ нѣкоторые изъ моихъ частныхъ выводовъ нашли нѣкоторый откликъ и въ той неполной формѣ, въ которой они стали извѣстны изъ лекціи и изъ ежедневной прессы, то я рѣшился противъ первоначальнаго своего намѣренія опубликовать эту свою работу. Вторгаться въ область біологіи я этимъ не желаю. Въ моихъ словахъ слѣдуетъ видѣть только выраженіе того обстоятельства, что отъ вліянія идеи, важной и значительной, не можетъ уклониться никто.

на основаніи наблюденій *самого* падающаго камня, въ теченіе XVI вѣка возникаетъ (по крайней мѣрѣ, въ зародышѣ) почти все, что играетъ роль въ естествознаніи и техникѣ нашего времени, что въ послѣдующія два столѣтія столь видоизмѣнило всю физіономію земного шара и что въ настоящее время продолжаетъ столь мощно развиваться. Въ то время, какъ *Галилей* приступаетъ къ своимъ изслѣдованіямъ, не имѣя въ своемъ распоряженіи никакихъ почти инструментовъ, измѣряя время простѣйшимъ образомъ при помощи струи, вытекающей изъ сосуда, воды, мы видимъ, какъ скоро появляются и телескопъ, и микроскопъ, и барометръ, и термометръ, и воздушный насосъ, и паровая машина, и часы съ маятникомъ, и электрическая машина. Основные принципы динамики, оптики, ученія о теплотѣ и электричествѣ—*все* это становится достояніемъ человѣчества *одно* только столѣтіе спустя послѣ *Галилея.*

Если насъ не обманываетъ наше чувство, то и движеніе, подготовленное выдающимися біологами послѣднихъ ста лѣтъ и пробужденное недавно скончавшимся великимъ изслѣдователемъ, *Дарвиномъ*, врядъ-ли имѣетъ меньшее значеніе. *Галилей* прояснилъ нашъ взглядъ на болѣе простыя явленія неорганической природы. Съ той-же простотой, съ той-же объективностью, какъ *Галилей,* безъ всякихъ технически-научныхъ средствъ, безъ микроскопа безъ физическаго и химическаго эксперимента, одной только силой мысли и наблюденія *Дарвинъ* постигъ новое свойство органической природы, которое мы коротко назовемъ *пластичностью* [1]).

[1]) Съ перваго взгляда кажется, что наслѣдственность и способность приспособленія—допущенія, противорѣчащія другъ другу. И дѣйствительно, сильно развитая наслѣдственность исключаетъ большую способность приспособленія. Но если представить себѣ организмъ подобнымъ пластической массѣ, сохраняющей свою, созданную прежними вліяніями, форму до тѣхъ поръ, покуда ее не измѣняютъ новыя воздѣйствія, то *одно* это свойство пластичности представляетъ и наслѣдственность и способность приспособленія. Аналогію этому представляетъ кусокъ стали, сохраняющій свои магнитныя свойства до тѣхъ поръ, пока ихъ не измѣняетъ новая сила, или также движущаяся масса, сохраняющая пріобрѣтенную въ предыдущій моментъ времени скорость, если эта послѣдняя не измѣняется мгновеннымъ ускореніемъ. Въ послѣднемъ примѣрѣ *измѣненіе* представлялось само собой понятнымъ и неожиданностью было установленіе явленія *инерціи,* между тѣмъ какъ здѣсь показалась сама собой понятной *наслѣдственность*, а чѣмъ-то новымъ - *измѣненіе.*

Вполнѣ правильный взглядъ на вещи можетъ быть достигнутъ, конечно, только изученіемъ самихъ, выдвинутыхъ *Дарвиномъ,* фактовъ, а не однѣми этими аналогіями. О послѣдней аналогіи, касательно движенія, я услышалъ

Съ равной энергіей, какъ *Галилей*, онъ идетъ своей дорогой, съ равной честностью, съ равной любовью къ истинѣ онъ вскрываетъ всѣ сильныя и слабыя стороны своихъ доказательствъ, со спокойствіемъ, съ тактомъ онъ избѣгаетъ всякій не научный споръ и пріобрѣтаетъ уваженіе не только среди своихъ сторонниковъ, но и среди своихъ враговъ.

Не прошло еще и трехъ [1]) десятилѣтій съ тѣхъ поръ, какъ *Дарвинъ* изложилъ основныя положенія своего ученія о развитіи, а эта идея уже пустила корни во всѣхъ и даже отдаленныхъ областяхъ. Вездѣ, въ наукахъ историческихъ, филологическихъ и даже физическихъ мы слышимъ одни и тѣ же термины: наслѣдственность, приспособленіе, подборъ. Говорятъ о борьбѣ за существованіе среди небесныхъ тѣлъ, о борьбѣ за существованіе среди молекулъ [2]).

Какъ отъ *Галилея* исходили импульсы по различнымъ направленіямъ, какъ его ученикъ, напримѣръ, *Борелли* основалъ точную медицинскую школу, изъ которой вышли даже выдающіеся математики, такъ въ настоящее время идея *Дарвина* вноситъ жизнь во всѣ области изслѣдованія. Нельзя, правда, сказать, чтобы природа состояла изъ двухъ отдѣльныхъ частей, органической и неорганической, методы изученія которыхъ были бы совершенно различны, но много *сторонъ* имѣетъ природа. Она подобна связанной въ одинъ узелъ нити, развязать который можно, распутывая то одну, то другую петлю, и никогда не слѣдуетъ думать—этому учили уже, и въ области болѣе ограниченной, физики *Фарадей* и *Р. Майеръ*—что только движеніе впередъ по разъ избранному пути можетъ дать всѣ разъясненія.

Окажутся ли идеи *Дарвина* достаточно правильными и плодотворными въ различныхъ областяхъ? Вопросъ этотъ будетъ рѣшенъ въ будущемъ спеціальными изслѣдователями въ тѣхъ областяхъ.

впервые, если я не ошибаюсь, въ бесѣдѣ съ моимъ другомъ, инженеромъ І. Попперомъ (въ Вѣнѣ).

Многіе изслѣдователи разсматриваютъ устойчивость вида, какъ нѣчто несомнѣнное, и противополагаютъ ей «теорію» *Дарвина*. Но, вѣдь, и устойчивость видовъ есть тоже «теорія». Впрочемъ, и воззрѣнія *Дарвина* подлежатъ существеннымъ измѣненіямъ и, какъ велики они, видно изъ работъ *Уоллеса* и въ особенности изъ сочиненія *В. Рольфа* (Biologische Probleme. Leipzig. 1882). Къ сожалѣнію, послѣдній геніальный изслѣдователь не находится болѣе въ живыхъ.

[1]) [Писано въ 1883 году. 1895].

[2]) См. *Pfaundler*, Pogg. Ann. Jubelband. Стр. 181.

Но эта каѳедра принадлежитъ *universitas literarum*, считающей по праву почетной своей задачей содѣйствовать свободному взаимодѣйствію между науками. Да будетъ мнѣ позволено, поэтому, прослѣдить съ этой каѳедры ростъ познанія природы въ свѣтѣ ученія о развитіи. Ибо познаніе *есть* проявленіе органической природы. Правда, мысли по особому характеру своему не во всѣхъ отношеніяхъ могутъ быть приравнены къ отдѣльно живущимъ живымъ существамъ, а всякое насильственное сравненіе здѣсь, конечно, неумѣстно. При всемъ томъ, если воззрѣніе *Дарвина* правильно, то общая черта развитія и преобразованія должна проявиться и въ нихъ.

На интересной и богатой идеями темѣ о наслѣдственности мыслей или скорѣе наслѣдственности извѣстной склонности къ опредѣленнымъ представленіямъ, я здѣсь останавливаться не буду [1]). Не стану я также занимать васъ разсужденіями по вопросу о психическомъ развитіи вообще—темой, которая за послѣднее время съ большимъ или меньшимъ успѣхомъ трактовалась *Спенсеромъ* [2]) и нѣкоторыми другими современными зоопсихологами. Не буду я также говорить о борьбѣ и естественномъ подборѣ, которые среди научныхъ теорій занимаютъ свое мѣсто въ литературѣ [3]). Наша тема—процессы преобразованія такого рода, какіе легко можетъ наблюдать на себѣ самомъ всякій учащійся.

* * *

Когда дикарь, превосходно умѣющій своимъ тонкимъ чутьемъ прослѣдить и различать слѣды животныхъ, за которыми онъ охотится, или хитростью обойти своего врага, прекрасно разбирающійся въ вещахъ и явленіяхъ привычной ему среды, вдругъ наталкивается на какое-нибудь необычное явленіе природы или плодъ нашей технической культуры, онъ совершенно теряется. Онъ не понимаетъ ихъ. Когда онъ пытается понять ихъ, онъ толкуетъ ихъ превратно. Лунное затменіе онъ толкуетъ въ томъ смыслѣ, что это демонъ мучитъ луну. Пыхтящій локомотивъ представляется ему живымъ чудовищемъ. Сопроводительное письмо къ посылкѣ, обнаруживающее его позаимствованіе изъ нея, кажется ему сознатель-

---

1) Интересныя разсужденія по этому вопросу можно найти у *Геринга*, «Ueber das Gedächtnis als eine allgemeine Funktion der organisierten Materie». Almanach der Wiener Academie, 1870.—См. *Dubois*, Ueber die Uebung. Berlin 1881

2) *Spencer*, The principles of psychology. London 1872.

3) См. главу V, въ особенности стр. 53—54.

нымъ существомъ, и когда онъ хочетъ совершить ту же продѣлку въ слѣдующій разъ, то, чтобы не быть изобличеннымъ, онъ прячетъ предварительно письмо подъ камень. Счетъ представляется ему искусствомъ, при помощи котораго можно раскрыть всѣ тайны, слѣды чего можно найти еще и въ арабскихъ сказкахъ [1]). И, будучи перемѣщенъ въ наши соціальныя условія, онъ, согласно нашимъ понятіямъ, ведетъ себя самымъ нелѣпымъ образомъ.

Другое дѣло—человѣкъ, пріобщившійся къ современной культурѣ. Лунное затменіе онъ толкуетъ такъ, что луна, двигаясь по своей орбитѣ, временно попала въ тѣнь, отбрасываемую нашей землей. Онъ мысленно чувствуетъ нагрѣваніе воды въ котлѣ локомотива, чувствуетъ все возрастающую упругость паровъ, двигающихъ поршень въ цилиндрѣ. Тамъ, гдѣ онъ не можетъ слѣдить за явленіями непосредственно, онъ прибѣгаетъ къ масштабу и логарифмическимъ таблицамъ, которыя поддерживаютъ его мышленіе, освобождаютъ его умъ отъ нѣкотораго труда, вмѣстѣ съ тѣмъ не подчиняя себѣ его мыслей. Мнѣнія людей, съ которыми онъ согласиться не можетъ, ему все же знакомы и онъ можетъ реагировать на нихъ.

Въ чемъ же разница между этими двумя людьми? Ходъ мыслей перваго не соотвѣтствуетъ вещамъ, которыя онъ видитъ. На каждомъ шагу его ждутъ неожиданности. Мысли второго слѣдуютъ за явленіями, предвосхищаютъ ихъ, онѣ приспособлены къ большему кругу наблюденія и дѣйствія, онъ мыслитъ вещи такъ, какъ онѣ есть. Да и какъ можетъ существо, всѣ чувства котораго напряжены въ выслѣживаніи врага, все вниманіе, всѣ силы котораго направлены на добываніе пищи, направить взоръ свой въ отдаленную даль? Это становится возможнымъ только послѣ того, какъ ближніе снимаютъ съ насъ часть заботъ о нашемъ существованіи. Тогда мы пріобрѣтаемъ свободу наблюденія и, къ сожалѣнію, часто также ту односторонность, на которую помощь общества пріучаетъ насъ не обращать вниманія.

Когда мы вращаемся въ опредѣленномъ кругѣ фактовъ, одинаково повторяющихся, то наши мысли скоро настолько приспособляются къ средѣ, что онѣ непроизвольно воспроизводятъ ее. Камень, давящій на нашу руку, падаетъ на землю, если отдернуть руку. Но онъ падаетъ на землю не только въ дѣйствительности, но и въ нашихъ мысляхъ. Желѣзо и въ нашемъ представ-

[1]) См., напримѣръ, *G. Weil*, Tausend und eine Nacht. 2. Ausgabe III, стр. 154.

леніи притягивается къ магниту, и въ нашей фантазіи нагрѣвается на огнѣ.

Склонность къ мысленному дополненію факта, наблюденнаго только наполовину, имѣетъ источникомъ своимъ — мы это чувствуемъ—не только отдѣльный фактъ. Она не зависитъ также—и это мы знаемъ—отъ нашей воли. Нѣтъ, она представляется намъ чуждой силой, закономъ, которому подчинены мысли и факты.

Съ помощью этого закона мы можемъ предсказывать будущее. Но что же это доказываетъ, кромѣ однообразія нашей среды, достаточнаго для такого рода приспособленія мыслей? Изъ необходимости, которой подчинены мысли, и возможности предсказывать будущее, далеко еще не слѣдуетъ, что предсказаніе необходимо должно оправдаться. И дѣйствительно, всегда приходится еще подождать, оправдается-ли еще предсказаніе. И пробѣлы, и ошибки пресказаній наблюдаются всегда, они только не велики въ областяхъ такой большой устойчивости, какъ, напримѣръ, астрономія.

Тамъ, гдѣ наши мысли легко слѣдуютъ за фактами, гдѣ мы предчувствуемъ наступленіе явленія, естественно вѣрить, что послѣднее должно слѣдовать за нашими мыслями. Но эта вѣра въ таинственную силу, называемую причинностью и устанавливающую согласіе между мыслями и фактами, оказывается весьма поколебленной у того, кто впервые вступаетъ въ новую область опыта, кто наблюдаетъ, напримѣръ, впервые странное взаимодѣйствіе между электрическими токами и магнитами, или взаимодѣйствіе между токами, которое какъ будто издѣвается надъ всякой механикой. Онъ тотчасъ-же чувствуетъ, какъ онъ теряетъ даръ пророчества и, вступая въ эту новую область, беретъ съ собою только одно: надежду и къ ней скоро приспособить свои мысли. Когда человѣкъ, увидѣвъ кость животнаго, съ чувствомъ величайшей увѣренности рисуетъ передъ нами остальной скелетъ его, увидѣвъ неприкрытую часть крыла бабочки, рисуетъ передъ нами остальную часть, то мы не видимъ въ этомъ ничего метафизическаго. Другое дѣло—процессъ приспособленія мыслей физика къ динамически-временному потоку фактовъ: хотя это—явленія того же рода, тѣмъ не менѣе, вслѣдствіе высокаго практическаго значенія ихъ, ихъ окружаютъ обыкновенно какимъ-то особымъ, метафизическимъ ореоломъ [1]).

[1]) Я прекрасно знаю, что если человѣкъ обнаруживаетъ стремленіе ограничиваться при изслѣдованіи природы только *фактами*, то его упрекаютъ часто въ преувеличенномъ страхѣ передъ «метафизическими призраками».

Посмотримъ теперь, что происходитъ, когда кругъ наблюденія, къ которому приспособлены уже наши мысли, расширяется. Мы часто видѣли, какъ тяжелыя тѣла падали, когда удаляли ихъ подставку. Видѣли мы также, какъ болѣе тяжелое тѣло, падая внизъ, заставляло болѣе легкое подниматься вверхъ. Вдругъ мы замѣчаемъ, что легкое тѣло, при помощи рычага, напримѣръ, заставляетъ подняться вверхъ тѣло, гораздо болѣе тяжелое. Привычныя мысли требуютъ своего, но и новый фактъ — своего. Въ этой борьбѣ мыслей и фактовъ возникаетъ *проблема*, это частичное несовпаденіе рождаетъ вопросъ: «Почему?» Когда наши мысли приспособляются къ расширенному кругу наблюденій, когда мы—если взять нашъ примѣръ—привыкаемъ во всѣхъ случаяхъ принимать во вниманіе механическую работу, проблема исчезаетъ, т. е. она рѣшена.

Ребенокъ, чувства котораго едва пробуждаются, не знаетъ проблемъ. Яркій цвѣтокъ, звучащій колоколъ, все ему ново и тѣмъ не менѣе ничто не поражаетъ его неожиданностью. Человѣкъ, ставшій полнымъ филистеромъ, всѣ мысли котораго вращаются только около привычныхъ ему занятій, тоже проблемъ не знаетъ. Все происходитъ въ извѣстномъ направленіи, а если что-нибудь случается не такъ, то это — самое большее — курьезъ, не стоющій вниманія. Дѣйствительно, тамъ, гдѣ факты стали намъ привычны и знакомы со всѣхъ сторонъ, вопросъ «почему» теряетъ всякій смыслъ. Другое дѣло—человѣкъ молодой, способный къ развитію, усвоившій извѣстную сумму привычныхъ мыслей, но все еще продолжающій воспринимать новое и непривычное: его голова полна проблемъ и вопросамъ «почему» конца не видно.

Итакъ, больше всего содѣйствуетъ развитію естественно-научнаго мышленія постепенное расширеніе опыта. Привычное мы едва замѣчаемъ, оно получаетъ свое интеллектуальное значеніе лишь въ контрастѣ съ новымъ. То, что мы дома у себя едва замѣчаемъ, на чужбинѣ, во время путешествій восхищаетъ насъ, хотя бы оно было въ мало измѣненной формѣ. Солнце какъ будто ярче свѣ-

---

Но я не могу не замѣтить, что если судить по вреду, который они принесли, то изъ всѣхъ призраковъ одни метафизическіе не плодъ досужей фантазіи. Нельзя, впрочемъ, отрицать того, что нѣкоторыя формы мышленія не пріобрѣтаются лишь индивидуумами, а бываютъ предобразованы или, по крайней мѣрѣ, подготовлены развитіемъ вида въ томъ смыслѣ, въ которомъ это представляли себѣ *Спенсеръ*, *Геккель*, *Герингъ* и др., и какъ я самъ иногда мимоходомъ высказывался.

титъ, цвѣты свѣжѣе пахнутъ, люди смотрятъ веселѣй. А вернувшись домой, мы находимъ и родину болѣе достойной вниманія.

Изъ новаго, непрывычнаго, непонятаго исходятъ всѣ импульсы къ преобразованію мыслей. Чудеснымъ представляется новое тому, все мышленіе котораго бываетъ имъ потрясено до основанія. Но чудо никогда не заключается въ фактѣ, а всегда только въ самомъ наблюдателѣ. Болѣе сильный интеллектуальный характеръ старается сейчасъ соотвѣтственно преобразовать свои мысли, не позволяя имъ однако совсѣмъ соскользнуть съ обычнаго имъ пути. Такъ наука становится естественнымъ врагомъ чудеснаго, и изумленіе скоро уступаетъ свое мѣсто спокойному разъясненію и разочарованію.

Разсмотримъ теперь какой-нибудь отдѣльный примѣръ такого процесса превращенія мыслей. Паденіе тяжелаго тѣла есть для насъ нѣчто привычное и само собой понятное. Но вотъ мы замѣчаемъ, что дерево плаваетъ въ водѣ, что пламя, дымъ поднимаются вверхъ, и противоположность этихъ фактовъ тому привычному налицо. Одно старое ученіе старается объяснить эти факты, приписывая тѣламъ то, что болѣе всего привычно и знакомо человѣку, волю. Оно утверждаетъ, что всякая вещь ищетъ своего мѣста, тяжелое—внизу, а легкое—наверху. Но скоро оказывается, что и дымъ имѣетъ вѣсъ, что и онъ ищетъ своего мѣста внизу, что онъ вытѣсняется только вверхъ стремящимся внизъ воздухомъ, какъ дерево вытѣсняется вверхъ водой, потому что вѣсъ воздуха больше вѣса этого дыма.

Возьмемъ другой примѣръ. Мы бросили тѣло. Оно поднимается вверхъ. Почему же оно перестало искать своего мѣста? Почему скорость его «насильственнаго» движенія убываетъ, а скорость «естественнаго» паденія возрастаетъ? Если мы внимательно прослѣдимъ оба факта, проблема рѣшится сама собой. Вмѣстѣ съ *Галилеемъ* мы въ обоихъ случаяхъ увидимъ *одно и то же* возрастаніе скорости по направленію къ землѣ. Такимъ образомъ тѣлу приписывается не *мѣсто*, а *ускореніе* въ направленіи къ землѣ.

Съ помощью этой мысли движенія тяжелыхъ тѣлъ становятся вполнѣ привычны и знакомы. Сохраняя новую привычку мышленія, *Ньютонъ* разсматриваетъ движенія луны и планетъ аналогично движеніямъ брошенныхъ тѣлъ, но съ нѣкоторыми все-же особенностями, которыя и вынуждаютъ его снова нѣсколько видоизмѣнить эту привычку мышленія. Ускореніе между міровыми тѣ-

лами или скорѣе между ихъ частями не остается постояннымъ, а они «притягиваются» съ силой, *обратно пропорціональной квадрату* разстоянія между ними и прямо пропорціональной ихъ массамъ.

Это новое представленіе, въ которое входитъ уже старое, касавшееся движенія тяжелыхъ тѣлъ на землѣ, какъ одинъ изъ частныхъ случаевъ, весьма отличается уже отъ того, изъ котораго мы исходили. Какъ ограничено было то старое и къ какому огромному множеству фактовъ приспособлено это новое! И тѣмъ не менѣе въ этомъ «притяженіи» сохранились еще кое-какіе слѣды «стремленія къ мѣсту». И было бы глупо, трусливо избѣгать это «представленіе притяженія», направляющее наши мысли по столь привычнымъ намъ путямъ, сопутствующее воззрѣнію *Ньютона*, какъ историческій корень его, какъ будто это воззрѣніе должно было бы носить на себѣ слѣды своего происхожденія. Такъ и самыя геніальныя идеи не падаютъ съ неба, а развиваются изъ существующихъ уже идей.

Подобнымъ же образомъ лучъ свѣта представляется сначала, какъ не имѣющая никакихъ отличій прямая линія. Затѣмъ онъ превращается въ путь брошеннаго тѣльца, въ пучекъ путей безчисленныхъ, различныхъ, брошенныхъ тѣлецъ. Онъ становится періодическимъ, получаетъ различныя стороны и, наконецъ, теряетъ даже прямолинейное движеніе.

Электрическій токъ есть сначала токъ нѣкоторой гипотетической жидкости. Вскорѣ съ этимъ представленіемъ связывается представленіе химическаго тока, нѣкотораго, связаннаго съ путемъ движенія тока, электрическаго, магнитнаго и анизотропнаго оптическаго поля. И чѣмъ богаче становится представленіе, слѣдуя за фактами, тѣмъ способнѣе оно становится иногда и предвосхищать факты.

Всѣ подобнаго рода процессы не имѣютъ начала, которое можно было бы доказать, ибо всякая проблема, дающая толчекъ къ новому приспособленію, предполагаетъ уже твердо установившуюся привычку мышленія. Но они и конца не имѣютъ, который можно было бы предвидѣть, посколько не имѣетъ конца и опытъ. Такъ наука находится въ центрѣ процесса развитія, которымъ она можетъ цѣлесообразно руководить, которому она можетъ содѣйствовать, но котораго она замѣнить не можетъ. Наука, по принципамъ которой человѣкъ не опытный могъ бы построить міръ опыта, не зная его, есть вещь немыслимая. Это одинаково невоз-

можно, какъ невозможно при помощи одной теоріи, безъ музыкальнаго опыта, стать великимъ музыкантомъ или, руководствуясь однимъ учебникомъ, стать художникомъ.

Когда предъ нашимъ умственнымъ взоромъ проходитъ исторія мысли, ставшей намъ уже привычной и знакомой, мы не въ состояніи болѣе оцѣнить правильно все значеніе ея роста. Какія существенныя органическія превращенія произошли съ тѣхъ поръ, мы узнаемъ только по поразительной ограниченности, которую обнаруживали иногда по отношенію другъ къ другу великіе изслѣдователи одной и той же эпохи. Волнообразная теорія свѣта *Гьюйгенса* была непонятна для *Ньютона*, теорія всеобщаго тяготѣнія *Ньютона* была непонятна для *Гьюйгенса*. Не прошло и одного столѣтія, какъ обѣ теоріи прекрасно уживались даже въ не сильныхъ умахъ.

Въ томъ-то и дѣло, что свободно вырастающія новообразованія мыслей, принадлежащія людямъ, прокладывающимъ новые пути и съ дѣтской наивностью сочетающимъ зрѣлость мужа, не поддаются чужой дрессировкѣ. Мышленіе такихъ людей нельзя сравнить съ мышленіемъ, гипнотически слѣдующимъ за тѣнью, которую отбрасываетъ въ наше сознаніе чужое слово.

Именно тѣ идеи, которыя прежній опытъ сдѣлалъ наиболѣе привычными намъ, вторгаются, борясь за свое самосохраненіе, въ пониманіе всякаго новаго опыта и именно ихъ постигаетъ необходимое превращеніе. Методъ объяснять новыя непонятыя явленія при помощи гипотезъ основанъ всецѣло на этомъ процессѣ. Представляя себѣ части міровыхъ тѣлъ тяготѣющими другъ къ другу вмѣсто того, чтобы создавать себѣ совсѣмъ новыя представленія о движеніи небесныхъ тѣлъ и о явленіяхъ прилива и отлива, или приписывая электрическимъ тѣламъ притягивающіяся и отталкивающіяся жидкости, или представляя себѣ изолирующее пространство между ними въ состояніи упругаго напряженія, мы замѣняемъ по мѣрѣ возможности новыя представленія старыми, наглядными, давно привычными, которыя отчасти безъ труда протекаютъ по привычнымъ имъ путямъ, а отчасти должны подвергнуться и измѣненіямъ. Такъ и животное не образуетъ новыхъ членовъ тѣла для выполненія всякой новой функціи, которую ниспосылаетъ ей судьба, а пользуется для этого существующими старыми. Когда позвоночному животному приходится научиться летать или плавать, у него не вырастаетъ для этой цѣли новая, третья пара конечностей, а подвергается превращеніямъ одна изъ существующихъ.

Такимъ образомъ нарожденіе гипотезъ не есть результатъ искусственнаго научнаго метода, а это процессъ, происходящій вполнѣ безсознательно уже въ періодъ дѣтства науки. Гипотезы становятся и вредными и опасными для прогресса, но это бываетъ впослѣдствіи, когда имъ довѣряютъ больше, чѣмъ самимъ фактамъ, и въ ихъ содержаніи усматриваютъ больше реальности, чѣмъ въ этихъ послѣднихъ, когда, судорожно ухватившись за нихъ, слишкомъ переоцѣниваютъ усвоенныя мысли въ сравненіи съ тѣми, которыя приходится лишь усвоить.

Расширеніе нашего кругозора—отъ того ли, что природа на самомъ дѣлѣ мѣняетъ свой видъ и даетъ намъ новые факты, или отъ того, что мы намѣренно или непроизвольно обращаемся взоромъ въ другую сторону—даетъ импульсъ къ преобразованію мыслей. И дѣйствительно, всѣ перечисленные *Джономъ Стюартомъ Миллемъ* многообразные методы изслѣдованія природы, намѣреннаго приспособленія мыслей, методы какъ наблюденія, такъ и опыта, можно разсматривать, какъ формы одного основного метода, *метода измѣненія*. Съ измѣненіемъ условій естествоиспытатель учится. Этотъ методъ не есть однако исключительное достояніе настоящаго естествоиспытателя. И историкъ, и философъ, и юристъ, и математикъ, и эстетикъ [1]), и художникъ выясняютъ и развиваютъ свои идеи, выдѣляя изъ богатой сокровищницы своихъ воспоминаній случаи однородные и все же различные, наблюдая и экспериментируя въ мысляхъ. Еслибы вдругъ наступилъ даже конецъ всякому чувственному опыту, переживанія прежнихъ дней продолжали бы встрѣчаться въ нашемъ сознаніи въ разныхъ положеніяхъ, продолжался бы безъ перерыва процессъ, который, въ противоположность приспособенію мыслей къ фактамъ, принадлежитъ къ самой *теоріи*, продолжался бы процессъ приспособленія мыслей *другъ къ другу*.

Методъ измѣненія знакомитъ насъ съ однородными случаями фактовъ, содержащихъ отчасти общія, отчасти различныя составныя части. Только при сравненіи различныхъ случаевъ свѣтопреломленія съ различными углами паденія луча можетъ выступить впередъ общее, постоянство показателя преломленія, и только при сравненіи свѣтопреломленія различныхъ цвѣтовъ можетъ привлечь къ себѣ вниманіе и различіе, неравенство показателей преломленія.

---

[1]) Ср. напримѣръ, *Schiller*, „Zerstreute Betrachtungen über verschiedene ästhetische Gegenstände“.

Обусловленное измѣненіемъ сравненіе толкаетъ вниманіе и къ высшимъ абстракціямъ, и къ тончайшимъ различіямъ.

Нѣтъ никакого сомнѣнія, что и животное способно распознавать однородное и различное двухъ случаевъ. Шумъ пробуждаетъ его сознаніе и его двигательный центръ приходитъ въ состояніе готовности. Видъ вызвавшаго этотъ шумъ существа приводитъ, въ зависимости отъ величины этого послѣдняго, вѣроятно, къ бѣгству или преслѣдованію, а болѣе тонкія различія въ послѣднемъ случаѣ опредѣляютъ способъ нападенія. Но только человѣкъ пріобрѣтаетъ способность произвольнаго и сознательнаго сравненія; силой абстракціи онъ съ одной стороны можетъ возвыситься до закона сохраненія массы и сохраненія энергіи, а съ другой стороны и въ ближайшій же моментъ можетъ наблюдать группировку линій желѣза въ спектрѣ. Разрабатывая такимъ образомъ объекты жизни своихъ представленій, онъ развиваетъ свои понятія, соотвѣтственно своей нервной системѣ, въ широко развѣтвленную, органически расчлененную систему. Каждое развѣтвленіе этой системы онъ можетъ прослѣдить до мельчайшихъ его вѣточекъ, откуда онъ въ случаѣ необходимости можетъ опять вернуться къ основному стволу.

Англійскій изслѣдователь, *Уэвелль*, утверждалъ, что для развитія естествознанія необходимы двѣ вещи: *идеи* и *наблюденія*. Однѣ идеи могутъ превратиться въ спекулятивныя умозрѣнія, одни наблюденія не даютъ органическаго знанія. И дѣйствительно, мы видимъ, какъ важна способность приспособлять существующія идеи къ новымъ наблюденіямъ. Слишкомъ большая податливость по отношенію къ каждому новому факту мѣшаетъ нарожденію твердо установившихся привычекъ мышленія. Если же такія привычки становятся слишкомъ устойчивыми и неподвижными, то онѣ становятся помѣхой свободному наблюденію. Въ борьбѣ, въ компромиссѣ убѣжденія съ предубѣжденіемъ, если можно такъ выразиться, растетъ наше познаніе.

Привычное убѣжденіе, примѣненное къ новому случаю безъ предварительной провѣрки, мы называемъ предубѣжденіемъ. Кому незнакома его страшная сила? Но рѣже мы думаемъ о томъ, сколь важнымъ и полезнымъ можетъ быть предубѣжденіе. Не могъ бы человѣкъ существовать физически, если бы ему приходилось произвольными, заранѣе обдуманными дѣйствіями направлять и поддерживать кровообращеніе, дыханіе и пищевареніе своего тѣла. Такъ человѣкъ не могъ бы существовать и интеллектуально, если

бы онъ былъ вынужденъ все, съ чѣмъ онъ встрѣтится, обсуждать, вмѣсто того, чтобы руководствоваться своимъ предубѣжденіемъ. Предубѣжденіе играетъ въ области интеллекта роль рефлективнаго движенія.

На предубѣжденіяхъ, т. е. на привычныхъ сужденіяхъ, примѣнимость которыхъ не провѣряется въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ, основана значительная часть сужденій и дѣйствій естествоиспытателя, на предубѣжденіяхъ покоятся въ значительной своей части дѣйствія общества. Если бы внезапно исчезли всѣ предубѣжденія, общество, растерявшись, совершенно распалось бы. И глубокое знаніе силы интеллектуальной привычки обнаружилъ тотъ князь, который на буйныя требованія гвардіи о выдачѣ не уплаченнаго жалованья приказалъ имъ уйти обычными словами команды: онъ прекрасно зналъ, что она не сможетъ противостать привычной командѣ и удалится.

Только тогда, когда противорѣчіе между привычнымъ сужденіемъ и фактами становится слишкомъ велико, изслѣдователь впадаетъ въ чувствительный обманъ. Въ практической жизни отдѣльнаго человѣка и общества наступаютъ тогда тѣ трагическія осложненія и катастрофы, въ которыхъ человѣкъ, поставивъ привычку выше жизни, вмѣсто того, чтобы заставить ее служить ей, падаетъ жертвой своего заблужденія. Случается, что одна и та-же сила, которая духовно питаетъ и поддерживаетъ насъ, при другихъ условіяхъ вводитъ насъ въ заблужденіе и приводитъ къ гибели.

* * *

Наши мысли не составляютъ всей жизни. Онѣ только кратковременный свѣтъ, освѣщающій пути воли. Но зато онѣ самый чувствительный реактивъ на наше органическое развитіе. И превращеніе, которое мы испытываемъ черезъ нихъ въ себѣ, не оспоритъ никакая теорія. Съ другой стороны мы также не нуждаемся въ доказательствѣ этого превращенія какой-нибудь теоріей: оно намъ непосредственно извѣстно.

Итакъ, превращеніе мыслей, составляющее предметъ нашей темы, есть часть общаго развитія жизни, приспособленія къ болѣе широкому кругу дѣйствія. Какой-нибудь утесъ стремится къ землѣ. Столѣтія ему приходится ждать, покуда будетъ удалена его подставка. Кустъ, выростающій у его подножія, измѣняется уже и лѣтомъ и зимой. Лисица, взбирающаяся на него наверхъ, въ погонѣ за добычей, преодолѣвая силу тяжести, дѣйствуетъ уже свободнѣй, чѣмъ они оба. Дѣйствіе нашей руки достигаетъ гораздо дальше,

а съ другой стороны не проходитъ для насъ безслѣдно ничего важнаго, что произошло бы въ Азіи или Африкѣ. Стоитъ намъ только оглянуться вокругъ насъ, стоитъ обратить вниманіе только на то, что читаетъ современный человѣкъ, чтобы убѣдиться, въ какой мѣрѣ вліяетъ на насъ жизнь другихъ людей, ихъ радости и горе, ихъ счастье и несчастье. Насколько больше мы переживаемъ, чѣмъ наши предки, когда мы вмѣстѣ съ *Геродотомъ* объѣзжаемъ древній Египетъ, блуждаемъ по улицамъ Помпеи, переносимся мысленно въ мрачную эпоху крестовыхъ походовъ, въ свѣтлую эпоху возрожденія итальянскаго искусства, сегодня знакомимся съ лѣкаремъ *Мольера*, а завтра съ *Дидро* или *д'Аламберомъ*. Сколько чуждой жизни, сколько настроенія, сколько воли мы черпаемъ въ поэзіи и музыкѣ. И если все это лишь слабо затрагиваетъ струны нашихъ страстей, какъ воспоминаніе молодости волнуетъ старца, то въ извѣстной части мы все это переживаемъ-же. Въ какой мѣрѣ расширяется при этомъ наше Я и сколь малой все-же становится наша личность! Здѣсь оказываются несостоятельными съ ихъ мелкимъ масштабомъ, основаннымъ на настроеніи, обѣ эгоистическія системы, какъ оптимизма, такъ и пессимизма. Мы чувствуемъ, что въ постоянно смѣняющемся содержаніи нашего сознанія хранятся истинныя жемчужины нашего бытія и что личность есть только какъ-бы безразличная символическая нить, на которую онѣ нанизываются [1]).

Будемъ, поэтому, и себя самихъ и каждое изъ нашихъ понятій разсматривать, какъ результатъ, и вмѣстѣ съ тѣмъ какъ объектъ общаго развитія, и мы сможемъ тогда живо и безъ помѣхи двигаться дальше по тѣмъ путямъ, которые откроетъ передъ нами будущее [2]).

---

[1]) Мы не должны обманываться на этотъ счетъ: счастье другихъ людей составляетъ весьма значительную и существенную часть нашего счастья. Это общій капиталъ, который не можетъ быть созданъ отдѣльнымъ человѣкомъ и не исчезаетъ вмѣстѣ съ нимъ. Схематическое отграниченіе нашего Я, необходимое и достаточное для самыхъ грубыхъ практическихъ цѣлей, здѣсь сохранено быть не можетъ. Все человѣчество есть одинъ стволъ полиповъ. Матеріальныя органическія связи между индивидуумами, которыя только стѣсняли бы свободу движенія и развитія, правда, *порваны*, но *цѣль* ихъ. психическая связь, достигнута въ гораздо болѣе высокой мѣрѣ, благодаря болѣе богатому развитію, ставшему именно вслѣдствіе этого возможнымъ.

[2]) *C. E. von Baer*, впослѣдствіи противникъ *Дарвина* и *Геккеля*, въ двухъ удивительныхъ статьяхъ («Das allgemeinste Gesetz der Natur in aller

XV.

Принципъ сравненія въ физикѣ [1].

Когда *Кирхгоффъ* лѣтъ двадцать тому назадъ свелъ задачу механики къ тому, чтобы «*дать полное и простѣйшее описаніе* происходящихъ въ природѣ движеній», дѣйствіе его словъ было чрезвычайное. Еще четырнадцать лѣтъ спустя *Больцманнъ* могъ въ живой характеристикѣ, которую онъ далъ великому изслѣдователю, говорить о всеобщемъ изумленіи [2]) передъ этой новой точкой зрѣнія въ механикѣ. Да и въ настоящее время не перестаютъ еще появляться статьи по теоріи познанія, ясно показывающія, съ какимъ трудомъ эта точка зрѣнія усваивается. Тѣмъ не менѣе

Entwicklung» и «Welche Auffassung der lebenden Natur ist die richtige und wie ist diese Auffassung auf die Entomologie anzuwenden?»), выяснилъ ограниченность взгляда, представляющаго животное въ данномъ его состояніи, какъ нѣчто законченное, готовое, вмѣсто того, чтобы разсматривать его, какъ одну изъ фазъ его развитія, а самый видъ—какъ фазу развитія животнаго міра вообще.

1) Лекція, прочитанная на собраніи естествоиспытателей въ Вѣнѣ въ 1894 году.

2) Я этого изумленія выражать не могъ, потому что въ сочиненіи своемъ, „О сохраненіи работы“, обнародованномъ въ 1872 г., я защищалъ уже тотъ взглядъ, что естествоиспытателю важно только экономическое описаніе фактовъ. Но *новымъ* не было это положеніе уже и тогда. Въ самомъ дѣлѣ, если даже оставить въ сторонѣ практическое осуществленіе этого взгляда у *Галилея* и изреченіе *Ньютона* „hypotheses non fingo“ („я гипотезъ не строю“), то *Р. Майеръ* ясно говоритъ: „Разъ какой-нибудь фактъ описанъ со всѣхъ сторонъ, то онъ тѣмъ самымъ объясненъ и задача науки исполнена“ (1850). Но и *Адамъ Смитъ* высказывалъ подобныя же мысли о наукѣ въ XVIII столѣтіи, что недавно показалъ *Mc. Cormack* (An Episode in the history of Philosophy. The Open Court. 1895, № 397) [1895]. См. также „Механику“ и статью XIII.

было уже и тогда скромное по размѣрамъ число естествоиспытателей, которые *сейчасъ же* привѣтствовали въ *Кирхгоффѣ* за эти немногія его слова сильнаго союзника въ области теоріи познанія.

Чѣмъ-же объясняется то явленіе, что *философская* мысль изслѣдователя встрѣчаетъ столь сильное сопротивленіе въ то время, какъ его же *естественно-научные* успѣхи всякій съ радостью привѣтствуетъ? Объясняется это прежде всего тѣмъ, что за неутомимой повседневной работой, направленной къ пріумноженію запаса нашихъ знаній, только немногіе изслѣдователи находятъ время и возможность точнѣе прослѣдить и тотъ мощный психическій процессъ, которымъ растетъ и развивается наука. Помимо этого неизбѣжно также и то, что находятся люди, которые вкладываютъ въ это лапидарное выраженіе *Кирхгоффа* и кое-что, чего тотъ вовсе не думалъ, а съ другой стороны другіе не замѣчаютъ въ немъ того, что до сихъ поръ считалось существеннымъ признакомъ научнаго познанія. Для чего намъ одно голое описаніе? Что-же станется съ объясненіемъ, съ познаніемъ причинной связи?

Позвольте мнѣ бросить безпристрастный взглядъ не на *результаты* науки, а на способъ ея *развитія.* Мы знаемъ одинъ только источникъ *непосредственнаго откровенія* естественно научныхъ фактовъ—*наши чувства.* Но сколь мало составляло бы то, что отдѣльный человѣкъ могъ-бы познать этимъ путемъ, если бы онъ вынужденъ былъ ограничиваться собственными средствами и если бы каждый человѣкъ вынужденъ былъ все начинать сначала! Врядъ-ли достаточное представленіе объ этомъ можетъ дать даже та естественная наука, которую мы могли бы найти въ самой глухой деревенькѣ центральной Африки, ибо и тамъ люди уже пользуются тѣмъ дѣйствительнымъ чудомъ въ дѣлѣ передачи мыслей, въ сравненіи съ которымъ чудеса спиритовъ—одна насмѣшка. Это чудо — *словесное сообщеніе.* Далѣе, при помощи знакомыхъ, чудодѣйственныхъ знаковъ, сохраняемыхъ въ нашихъ библіотекахъ въ теченіе десятилѣтій, столѣтій и даже тысячелѣтій, мы можемъ цитировать нашихъ великихъ мертвецовъ отъ *Фарадея* и до *Галилея* и *Архимеда*, которые не отдѣлываются отъ насъ сомнительными изреченіями оракула, представляющими одно издѣвательство, а сообщаютъ намъ лучшее изъ того, что они знаютъ. Сопоставимъ все это и мы тогда только почувствуемъ, какимъ мощнымъ существеннымъ факторомъ развитія науки является *со-*

общенiе. Не то принадлежитъ наукѣ, что тонкiй наблюдатель природы или знатокъ людей полубезсознательно чувствуетъ и скрываетъ внутри себя, а только то, что онъ сознаетъ вполнѣ ясно такъ, что онъ въ состоянiи *сообщить* это другимъ.

Но какъ же мы приступаемъ къ этому дѣлу, какъ мы сообщаемъ вновь усвоенный фактъ опыта, какъ мы разсказываемъ о вновь наблюденномъ фактѣ? Какъ ясно различимые звуки призыва, предупрежденiя, нападенiя (у животныхъ, живущихъ стадами) представляютъ собой непроизвольно возникшiе знаки для одинаковаго общаго наблюденiя или общей дѣятельности, несмотря на все многообразiе повода къ нему, и тѣмъ самымъ содержатъ уже зародышъ понятiя, такъ и слова лишь гораздо болѣе спецiализированной человѣческой рѣчи суть названiя или знаки для извѣстныхъ всѣмъ, доступныхъ наблюденiю всѣхъ и всѣми наблюденныхъ фактовъ. Такимъ образомъ, если представленiе первоначально *пассивно* слѣдуетъ за новымъ фактомъ, то затѣмъ этотъ послѣднiй долженъ быть *самостоятельно* построенъ или воспроизведенъ въ мысляхъ изъ общеизвѣстныхъ уже и всѣми наблюденныхъ фактовъ. Наша память всегда готова доставлять намъ для *сравненiя* такiе извѣстные уже факты, *похожiе* на новые факты, т. е. въ извѣстныхъ признакахъ съ ними совпадающiе, и этимъ становится возможнымъ сначала элементарное внутреннее сужденiе, за которымъ вскорѣ слѣдуетъ и словесно сообщенное.

Такимъ образомъ сравненiе, дѣлая вообще возможнымъ лишь сообщенiе, является вмѣстѣ съ тѣмъ самымъ могучимъ внутреннимъ жизненнымъ элементомъ науки. Зоологъ видитъ въ костяхъ летательной перепонки летучей мыши пальцы, сравниваетъ кости черепа съ позвонками, зародыши различныхъ организмовъ или стадiи развитiя одного и того же организма—между собой. Географъ видитъ въ озерѣ Гарда фiордъ, а въ Аральскомъ морѣ—высыхающее озеро. Филологъ сравниваетъ различные языки и различныя образованiя одного и того же языка. Если нѣтъ обыкновенiя говорить о *сравнительной* физикѣ, какъ говорятъ о сравнительной анатомiи, то это, очевидно, лишь потому, что въ болѣе *активной* экспериментальной наукѣ вниманiе слишкомъ отвлечено отъ *созерцательнаго* элемента. Но физика живетъ и разростается, какъ и всякая другая наука, благодаря *сравненiю*.

Способъ, которымъ *результатъ сравненiя* передается при *сообщенiи*, различенъ: если мы говоримъ, что цвѣтами спектра яв-

ляются—красный, желтый, зеленый, синій, фіолетовый, то получили ли эти названія свое начало въ техникѣ татуировки или они впослѣдствіи получили свое значеніе, цвѣта остаются цвѣтами розы, лимона, листка, василька, фіалки. Вслѣдствіе частаго употребленія этихъ сравненій при разнообразныхъ обстоятельствахъ, не одинаковые признаки стали столь незамѣтными предъ лицомъ *сходныхъ* признаковъ, что *послѣдніе* получили самостоятельное, независимое ни отъ какого объекта и ни отъ какой связи, такъ сказать, *абстрактное* значеніе, значеніе *понятія*. Никто при словѣ «красный» не мыслитъ какого-либо иного тождества съ розой, кромѣ *цвѣта*, при словѣ «*прямой*»—какого-либо иного качества натянутаго шнура, кромѣ его совершенно прямого *направленія*. Такъ и *числа* первоначально служили названіями пальцевъ рукъ и ногъ, употреблялись затѣмъ въ качествѣ порядковыхъ знаковъ самыхъ разнообразныхъ объектовъ и получили значеніе абстрактныхъ понятій. Словесное сообщеніе о фактѣ, пользующееся только этими *чисто логическими* средствами, мы назовемъ *прямымъ описаніемъ*.

Прямое описаніе факта съ болѣе или менѣе богатымъ содержаніемъ есть тяжкій трудъ даже тогда, когда необходимыя для этого понятія уже вполнѣ развиты. Какимъ же это можетъ быть облегченіемъ, когда можно просто сказать, что данный фактъ *A* не въ *одномъ* только признакѣ, а во *многихъ* или даже во *всѣхъ* сходенъ съ извѣстнымъ намъ уже фактомъ *B*. Луна сходна съ тѣломъ, тяготѣющимъ къ землѣ, свѣтъ таковъ, какъ волнообразное движеніе или электрическое колебаніе, магнитъ сходенъ съ тѣломъ, которое какъ бы нагружено двумя жидкостями, обладающими способностью притяженія и отталкиванія и т. д. Такое описаніе, въ которомъ мы ссылаемся на другое описаніе, уже данное гдѣ-либо или подлежащее лишь болѣе точному выполненію, мы, естественно, называемъ *не прямымъ описаніемъ*. У насъ остается еще возможность постепенно дополнять, исправлять или даже совершенно замѣнить его прямымъ описаніемъ. Нетрудно видѣть, что то, что мы называемъ *теоріей* или *теоретической идеей*, относится къ категоріи косвеннаго описанія.

Что же такое теоретическая идея? Откуда она получается? Что она даетъ намъ? Почему кажется намъ, что она стоитъ *выше*, чѣмъ простое констатированіе факта, наблюденіе? И здѣсь играютъ роль просто *воспоминаніе* и *сравненіе*. Разница только та, что вмѣсто *одной* черты сходства здѣсь всплываетъ въ нашей памяти

цѣлая система чертъ, хорошо знакомая физіономія, благодаря которой новый фактъ вдругъ становится намъ хорошо знакомымъ. Болѣе того, идея можетъ дать намъ больше, чѣмъ мы въ данный моментъ усматриваемъ еще въ новомъ фактѣ, она можетъ расширять и обогащать послѣдній чертами, которыя мы вынуждены лишь *искать* и которыя часто дѣйствительно обнаруживаются. Вотъ эта *быстрота*, съ которой расширяются наши познанія, благодаря теоріи, придаетъ ей нѣкоторое *количественное* преимущество передъ простымъ наблюденіемъ, тогда какъ *качеетвенно* нѣтъ между ними никакой существенной разницы ни въ отношеніи происхожденія, ни въ отношеніи конечнаго результата.

Но принятіе какой-нибудь теоріи бываетъ всегда сопряжено и съ нѣкоторой опасностью. Ибо теорія всегда, вѣдь, замѣняетъ мысленно фактъ *А другимъ*, болѣе простымъ или болѣе привычнымъ намъ фактомъ *B*. Этотъ второй фактъ можетъ въ мысляхъ замѣнять первый въ *извѣстномъ* отношеніи, но, будучи все же *другимъ* фактомъ, онъ въ другомъ отношеніи *навѣрное* замѣнить его не можетъ. Если же на это, что часто бываетъ, не обращаютъ достаточно вниманія, то самая плодотворная теорія можетъ иногда стать помѣхой изслѣдованію. Такъ теорія истеченія, пріучавшая физика разсматривать путь «свѣтовыхъ частичекъ», какъ совершенную прямую, мѣшала познанію періодичности свѣта. Когда *Гюйгенсъ* сталъ представлять себѣ свѣтъ на подобіе болѣе знакомыхъ ему явленій звука, свѣтъ сталъ для него во многихъ отношеніяхъ болѣе извѣстнымъ. Однако въ отношеніи поляризаціи онъ сдѣлался для него *вдвойнѣ* чуждымъ, такъ какъ это явленіе не имѣетъ мѣста при продольныхъ звуковыхъ вибраціяхъ, которыя онъ только и зналъ. Такъ онъ не можетъ абстрактно усвоить фактъ поляризаціи, лежавшій передъ его глазами, между тѣмъ какъ *Ньютонъ*, просто приспособляя свои мысли къ фактамъ наблюденія, поставилъ вопросъ: «Annon radiorum luminis diversa sunt latera?» Этотъ вопросъ за столѣтіе до Malus'а привелъ къ усвоенію и прямому описанію поляризаціи. Если же согласованіе между какимъ-либо фактомъ и другимъ, заступающимъ теоретически его мѣсто, идетъ *дальше*, чѣмъ предполагалъ первоначально самъ теоретикъ, то это можетъ привести его къ неожиданнымъ открытіямъ. Примѣрами этого — и противоположными предыдущимъ — служатъ коническая рефракція, круговая поляризація при полномъ отраженіи и колебанія, полученныя *Герцемъ*.

Сказанное станетъ, можетъ быть, еще понятнѣе, если мы про-

слѣдимъ нѣсколько подробнѣе развитіе той или другой теоріи. Возьмемъ два куска стали: одинъ намагниченный, другой нѣтъ. Послѣдній не оказываетъ никакого вліянія на желѣзныя опилки, тогда какъ первый притягиваетъ ихъ. Даже въ томъ случаѣ, когда желѣзныхъ опилокъ *нѣтъ* на лицо, мы должны представлять себѣ намагниченный кусокъ въ иномъ состояніи, чѣмъ ненамагниченный: наблюдая другой, ненамагниченный кусокъ, мы убѣждаемся, что явленіе притяженія не обусловливается однимъ приближеніемъ опилокъ. Наивно мыслящій человѣкъ сравниваетъ это явленіе со своей собственной волей, какъ наиболѣе знакомымъ ему источникомъ силы, и предполагаетъ въ магнитѣ что-то вродѣ «*духа*». Явленія, наблюдаемыя на горячемъ или на электрическомъ тѣлѣ, наталкиваютъ на ту же мысль. Это и есть точка зрѣнія древнѣйшей теоріи, *фетишизма*, отъ которой изслѣдователи не были совершенно свободны еще въ началѣ среднихъ вѣковъ и которая еще въ современной физикѣ оставила слѣды въ видѣ представленія о *силахъ*. Мы видимъ такимъ образомъ, что *драматическій* элементъ такъ же мало отсутствуетъ въ естественно-научномъ описаніи, какъ въ интересномъ романѣ.

При дальнѣйшемъ наблюденіи замѣчается, что холодное тѣло вблизи горячаго нагрѣвается, такъ сказать, *на счетъ* послѣдняго. Далѣе замѣчается, что если оба тѣла однородны и холодное тѣло имѣетъ вдвое больше массы, чѣмъ горячее, то приращеніе его температуры бываетъ вдвое меньше, чѣмъ убыль температуры горячаго тѣла. Тогда получается совсѣмъ новое впечатлѣніе. Демоническій характеръ факта исчезаетъ, ибо мнимый духъ дѣйствуетъ не по произволу, а согласно опредѣленнымъ законамъ. Зато *инстинктивно* выступаетъ впечатлѣніе какого-то *вещества*, часть котораго переливается изъ одного тѣла въ другое, но *все количество* котораго, изображаемое въ видѣ суммы произведеній изъ массъ на соотвѣтствующія измѣненія температуры, остается *постояннымъ*. *Блэкъ* первый *поддался впечатлѣнію* этого сходства между тепловымъ процессомъ и движеніемъ вещества и, руководствуясь имъ, открылъ удѣльную теплоту, теплоту плавленія и испаренія. Но подкрѣпленное этимъ успѣхомъ, представленіе вещества стало помѣхой дальнѣйшему развитію науки. Именно оно ослѣпило преемниковъ *Блэка* и помѣшало имъ увидѣть тотъ очевидный и давно извѣстный уже, по добыванію огня треніемъ, фактъ, что теплота *создается* треніемъ. Какъ ни плодотворно было это представленіе для *Блэка*, какъ ни велика польза, приносимая имъ еще и

теперь всякому, изучающему ту специальную область, въ которой работалъ Блэкъ, оно не могло стать *теоріей,* имѣющей общее и постоянное значеніе. То, что есть въ немъ существеннаго, а именно, постоянство упомянутой суммы произведеній, сохраняетъ однако свое значеніе и можетъ быть разсматриваемо, какъ *прямое описаніе* фактовъ, которые наблюдалъ *Блэкъ.*

Естественно, что тѣ теоріи, которыя создаются сами собой, помимо какого бы то ни было изысканія, такъ сказать, *инстинктивно*, пользуются самымъ сильнымъ вліяніемъ, увлекаютъ за собой мысль и обнаруживаютъ больше другихъ способность къ самосохраненію [1]). Съ другой стороны нетрудно видѣть, какъ много онѣ теряютъ въ силѣ, когда ихъ подвергаютъ критическому разсмотрѣнію. Мы постоянно имѣемъ дѣло съ *веществомъ*, свойства котораго запечатлѣлись въ нашемъ мышленіи, съ нимъ связываются наши самыя живыя, самыя *ясныя* воспоминанія. Поэтому, насъ не должно особенно удивлять, что *Р. Майеръ* и *Джоуль,* окончательно устранивъ представленіе *Блэка*, снова ввели представленіе о веществѣ (но только *въ болѣе абстрактной формѣ* и модифицированное) въ болѣе обширную область явленій.

И здѣсь ясны психологическія причины, придавшія новому представленію его силу. Необычайно яркая окраска венозной крови у жителей тропическихъ странъ наводитъ *Майера* на мысль о меньшей тратѣ собственной теплоты и соотвѣтственно меньшей *тратѣ вещества* человѣческимъ тѣломъ въ этомъ климатѣ. Но такъ какъ всякая работа человѣческаго тѣла, включая и *работу механическую*, связана съ *тратой вещества*, а работа можетъ треніемъ развить теплоту, то теплота и работа—вещи *однородныя* и между ними должно существовать извѣстное пропорціональное отношеніе. Правда, не каждое количество въ отдѣльности, но соотвѣтственно выбранная *сумма* обоихъ, связанная съ пропорціональной тратой вещества, представляется *сама субстанціальной.*

Вполнѣ аналогичными разсужденіями, исходящими изъ экономіи гальваническаго элемента, *Джоуль* пришелъ къ своему воззрѣнію; онъ опредѣлилъ экспериментальнымъ путемъ, что сумма теплоты тока, теплоты сгоранія образовавшагося гремучаго газа, соотвѣтственно выбранной электро-магнитной работы тока, однимъ словомъ, всѣ работы батареи связаны съ пропорціональнымъ потребленіемъ цинка. Поэтому, эта сумма сама получаетъ *субстанціальный характеръ.*

---

[1]) См. статью V, стр. 54 и статью XIV, стр. 180.

Майеръ такъ былъ увлеченъ достигнутымъ познаніемъ, что неразрушимость *силы*, по нашей терминологіи *работы*, казалась ему очевидной a priori. «Созданіе и уничтоженіе силы, говоритъ онъ, лежитъ внѣ области человѣческаго мышленія и дѣйствія». Подобнымъ же образомъ выражается и *Джоуль*: «*Абсурдъ*, очевидно, принимать, говоритъ онъ, что силы, которыя Богъ сообщилъ матеріи, могутъ быть скорѣе разрушены, чѣмъ созданы». Къ удивленію, на основаніи такихъ разсужденій *Майеръ* (правда, не *Джоуль*) былъ объявленъ *метафизикомъ*. Но не подлежитъ сомнѣнію, что и тотъ и другой полубезсознательно хотѣли дать только выраженіе сильной *формальной* потребности въ новомъ, простомъ объясненіи явленій и что они оба были бы чрезвычайно поражены, если бы имъ предложили поставить вопросъ о правильности ихъ принципа на разрѣшеніе какого-нибудь философскаго конгресса или какого-нибудь синода. Впрочемъ, при всемъ согласіи между собой во взглядахъ оба эти ученые поступаютъ совершенно различно. *Майеръ* выступаетъ въ защиту *формальной* потребности съ величайшей *инстинктивной силой генія*, можно сказать, со своего рода фанатизмомъ, и у него оказывается достаточная сила мысли, чтобы *раньше* всѣхъ другихъ ученыхъ вычислить механическій эквивалентъ теплоты изъ давно—и общеизвѣстныхъ чиселъ и выставить *программу* новаго ученія, охватывающую всю физику и физіологію. *Джоуль* же посвящаетъ себя подробному обоснованію этого ученія удивительно придуманными и мастерски исполненными опытами во всѣхъ областяхъ физики. Вскорѣ къ рѣшенію того же вопроса приступаетъ вполнѣ самостоятельнымъ и своеобразнымъ образомъ и *Гельмгольцъ*. Рядомъ съ виртуознымъ умѣніемъ спеціалиста, съ которымъ онъ справляется со всѣми неисчерпанными еще пунктами программы *Майера*, какъ и съ нѣкоторыми другими еще задачами, насъ поражаетъ въ 26-ти лѣтнемъ ученомъ полная критическая ясность взгляда. Въ его изложеніи нѣтъ той страсти, того натиска, которые мы находимъ у *Майера*. Для него принципъ сохраненія энергіи не есть положеніе, очевидное a priori. Что изъ него слѣдуетъ, *если* онъ правиленъ? Вотъ въ какой гипотетической формѣ вопроса онъ справляется съ своимъ матеріаломъ.

Нѣкоторые наши современники вмѣсто того, чтобы благодарить судьбу, ниспославшую намъ *нѣсколько* такихъ людей, и радоваться столь поучительнымъ и столь плодотворнымъ для насъ различіямъ между этими выдающимися интеллектуальными индивидуальностями, съумѣли создать изъ этого ожесточенные *національные* и *личные*

вопросы и споры. Я долженъ сознаться, что этотъ эстетическій и этическій вкусъ ихъ всегда вызывалъ во мнѣ изумленіе.

На развитіе принципа энергіи оказало, какъ извѣстно, нѣкоторое вліяніе еще одно теоретическое представленіе, отъ вліянія котораго съумѣлъ, впрочемъ, оставаться совершенно свободнымъ *Р. Майеръ.* Мы имѣемъ въ виду представленіе, что теплота, какъ и остальные физическіе процессы, основана на движеніи. Но разъ найденъ принципъ энергіи, эти вспомогательныя и переходныя теоріи не играютъ уже существенной роли, и мы можемъ разсматривать этотъ принципъ, какъ и принципъ *Блэка*, какъ пособіе *къ прямому* описанію нѣкоторой обширной области фактовъ.

Послѣ этихъ соображеній казалось бы не только желательнымъ, но и необходимымъ, не умаляя значенія теоретическихъ идей для изслѣдованія, ставить однако по мѣрѣ знакомства съ новыми фактами на мѣсто *косвеннаго—прямое* описаніе, которое не содержитъ въ себѣ уже ничего *несущественнаго* и ограничивается лишь логическимъ обобщеніемъ фактовъ. Можно почти сказать, что, такъ называемыя, (съ извѣстнымъ оттѣнкомъ пренебреженія) описательныя естественныя науки превзошли въ научности недавно еще столь обычныя физическія теоріи. Правда, здѣсь часто ставили себѣ въ заслугу то, что являлось слѣдствіемъ необходимости.

Мы должны сознаться, что мы не въ состояніи дать сейчасъ же *прямое* описаніе каждаго факта. Намъ пришлось бы въ безсиліи опустить руки, если бы вся масса фактовъ, съ которыми мы знакомимся постепенно, была дана намъ *за одинъ разъ.* Къ счастью, наше вниманіе останавливается прежде всего на отдѣльныхъ, непривычныхъ вещахъ, которыя мы узнаемъ ближе, *сравнивая* ихъ съ повседневными вещами. При этомъ прежде всего развиваются понятія разговорнаго языка. *Сравненія* становятся затѣмъ разнообразнѣе и многочисленнѣе, сравниваемыя области фактовъ *расширяются* и соотвѣтственно этому пріобрѣтенныя понятія, облегчающія прямое описаніе, дѣлаются болѣе общими и болѣе *абстрактными.*

Сначала намъ становится хорошо извѣстно свободное паденіе тѣлъ. Понятія силы, массы, работы переносятся съ соотвѣтствующими видоизмѣненіями на электрическія и магнитныя явленія. *Водяной токъ* (Wasserstrom) послужилъ, какъ разсказываютъ, для *Фурье* первымъ нагляднымъ образомъ *тока теплового* (Wärmestrom).

Особый случай колебанія струны, изслѣдованный Тэйлоромъ, навелъ его на мысль, объяснившую ему особый случай теплопроводности. Подобно тому, какъ *Даніель Бернулли* и *Эйлеръ* сводятъ самыя разнообразныя колебанія струнъ къ различнымъ, указаннымъ Тэйлоромъ, случаямъ, такъ и *Фурье* сводитъ самыя разнообразныя движенія теплоты къ простымъ случаямъ теплопроводности, и этотъ методъ распространяется на всю физику. *Омъ* создаетъ себѣ представленіе объ *электрическомъ* токѣ, аналогично указанному представленію *Фурье*. Къ этому же представленію примыкаетъ и теорія диффузіи *Фика*. Аналогичнымъ же образомъ создается и представленіе о магнитномъ токѣ. Всѣ виды стаціонарныхъ токовъ обнаруживаютъ общія черты и даже состояніе *полнаго* равновѣсія въ протяженной средѣ раздѣляетъ эти черты съ состояніемъ *динамическаго* равновѣсія, со стаціонарнымъ токомъ. Этимъ устанавливается своеобразное сходство между столь чуждыми другъ другу вещами, какъ магнитныя силовыя линіи электрическаго тока и линіи тока, свободнаго отъ тренія, вихря жидкости. Понятіе потенціала, установленное первоначально для строго ограниченной области, получаетъ широкое примѣненіе. Столь несходныя сами по себѣ вещи, какъ давленіе, температура, электродвижущая сила, сходятся между собой въ своемъ отношеніи къ выводимымъ изъ нихъ опредѣленнымъ образомъ понятіямъ: разности давленія, разности температуры, разности потенціала, а также къ понятіямъ *силы* тока жидкости, теплового и электрическаго тока. Такое отношеніе между системами понятій, при которомъ до сознанія доходитъ и несходство двухъ данныхъ гомологичныхъ понятій и совпаденіе въ логическихъ соотношеніяхъ каждыхъ двухъ паръ гомологичныхъ понятій, мы называемъ обыкновенно *аналогіей*. Аналогія является дѣйствительнымъ средствомъ охватить разнородныя области фактовъ единымъ объясненіемъ. Здѣсь ясно намѣчается путь, который можетъ привести къ *общей*, обнимающей собою всѣ области, *физической феноменологіи*.

Только описанный здѣсь процессъ даетъ намъ то, что безусловно необходимо для прямого описанія большой области фактовъ,—широкое *абстрактное понятіе*. Но здѣсь мнѣ приходится задаться школьнымъ, но неизбѣжнымъ вопросомъ: что такое *понятіе*? Есть ли это расплывчатое, но все же *наглядное* еще представленіе? Нѣтъ! Только въ простѣйшихъ случаяхъ такое представленіе получается въ качествѣ *явленія сопутствующаго*. Возьмемъ, напримѣръ, понятіе «*коэффиціентъ самоиндукціи*». Гдѣ

его наглядное представленіе? Или понятіе есть голое *слово*? Такое мнѣніе было, дѣйствительно, высказано недавно однимъ уважаемымъ математикомъ [1]), но принятіе этой мысли насъ отбросило бы только на тысячелѣтіе назадъ вглубь схоластики. Нѣтъ, мы не можемъ согласиться съ этой мыслью.

Объяснить все это нетрудно. Не слѣдуетъ думать, будто *ощущеніе* есть чисто пассивный процессъ. Низшіе организмы реагируютъ на него простымъ рефлективнымъ движеніемъ, когда они проглатываютъ приближающуюся добычу. У организмовъ высшихъ центрипетальное раздраженіе встрѣчаетъ въ нервной системѣ то торможенія, то ускоренія, которыя и видоизмѣняютъ центробѣжный процессъ. У организмовъ еще высшихъ (когда они ищутъ и преслѣдуютъ добычу) затронутый процессъ прежде, чѣмъ достичь относительнаго состоянія покоя, можетъ пройти черезъ цѣлый рядъ круговыхъ движеній. И наша жизнь протекаетъ въ аналогичныхъ процессахъ и все, что мы называемъ наукой, можно разсматривать, какъ части, какъ промежуточныя звенья такихъ процессовъ.

Послѣ сказаннаго не покажется, я надѣюсь, страннымъ, если я скажу: *опредѣленіе* понятія, а въ томъ случаѣ, когда это опредѣленіе уже привычно, уже одно *названіе* понятія есть *импульсъ* къ строго опредѣленной, часто сложной, испытующей, сравнивающей или конструирующей *дѣятельности*, *результатъ* которой, большей частью чувственный, есть одинъ изъ членовъ объема понятія. Неважно при этомъ, обращаетъ-ли понятіе только наше вниманіе на опредѣленное чувство (чувство зрѣнія, напримѣръ), или на одну какую-нибудь сторону его (цвѣтъ, форма), или оно вызываетъ какое-нибудь сложное дѣйствіе; не важно также выполняется-ли соотвѣтственная дѣятельность (химическая, анатомическая, математическая операція) руками или технически или, наконецъ, только въ фантазіи, или даже только намѣчается. Понятіе есть для естествоиспытателя то, что нота для піаниста. Опытный математикъ или физикъ читаютъ статью такъ, какъ музыкантъ какую-нибудь партитуру. Но подобно тому, какъ піанистъ долженъ пріучить свои пальцы къ опредѣленнымъ движеніямъ,—каждый въ отдѣльности и въ извѣстныхъ комбинаціяхъ,—чтобы они почти машинально слѣдовали за нотами, такъ и физикъ и математикъ должны потратить много времени на обученіе прежде, чѣмъ имъ

---

[1]) Paul du Bois Reymond, Ueber die Grundlagen der Erkenntnis. Tübingen 1890, стр. 80 (есть русскій переводъ. Прим. пер.).

удастся овладѣть, если можно такъ выразиться, разнообразными иннерваціями своихъ мышцъ и своей фантазіи. Какъ часто новичекъ въ математикѣ или физикѣ дѣлаетъ не то, что надо, или представляетъ себѣ нѣкоторыя вещи не такъ, какъ слѣдуетъ! Но когда послѣ необходимаго упражненія онъ встрѣчается съ понятіемъ *«коэффиціента самоиндукціи»*, онъ сейчасъ-же знаетъ, чего требуетъ отъ него это слово. Такимъ образомъ ядромъ понятій являются *привычныя дѣятельности*, представляющія результатъ необходимаго сравненія и изображенія однихъ фактовъ при помощи другихъ. Утверждаетъ-же положительное, какъ и философское языкознаніе, что всѣ корни означаютъ понятія, а первоначально только различные виды мышечной дѣятельности. Теперь намъ становится также понятной медлительность физиковъ въ признаніи принципа *Кирхгоффа*: они-то прекрасно могли чувствовать, сколько должно быть сдѣлано въ области спеціальной работы, развитія спеціальной теоріи и соотвѣтственныхъ навыковъ, чтобы могъ быть осуществленъ идеалъ прямого описанія.

Но пусть этотъ идеалъ достигнутъ для одной какой-нибудь области фактовъ. Даетъ-ли описаніе все, чего можетъ требовать научный изслѣдователь? Я думаю, что да! Описаніе есть построеніе фактовъ въ мысляхъ, которое въ опытныхъ наукахъ часто обусловливаетъ возможность дѣйствительнаго описанія. Для физика въ особенности единицы мѣры являются камнями для постройки, понятія—планомъ, а факты—самимъ зданіемъ. Наша мысль составляетъ для насъ почти полное возмѣщеніе факта, и мы можемъ въ ней найти всѣ свойства этого послѣдняго. Не хуже-же всего мы знаемъ то, что мы сами умѣемъ создавать.

Требуютъ отъ науки, чтобы она умѣла *предсказывать будущее.* Употребляетъ это выраженіе въ своемъ посмертномъ сочиненіи по механикѣ и *Герцъ.* Оно, правда, напрашивается само собой, но все-же слишкомъ узко. Геологъ, палэонтологъ, порой и астрономъ, всегда историкъ, изслѣдователь культуры, филологъ предсказываютъ, такъ сказать, прошедшее. Науки описательныя, какъ и геометрія, математика не предсказываютъ ни прошедшаго, ни будущаго, а къ условіямъ отыскиваютъ обусловленное. Скажемъ лучше такъ: *задача науки—дополнять въ мысляхъ факты, данные лишь отчасти.* Это становится возможнымъ черезъ описаніе, ибо это по-

слѣднее предполагаетъ взаимную зависимость между собой описывающихъ элементовъ, потому что безъ этого никакое описаніе не было-бы возможно.

Говорятъ, что описаніе оставляетъ неудовлетворенной нашу *потребность въ причинной связи.* Дѣйствительно, кажется, что лучше понимаешь движенія, если представляешь себѣ притягивающія *силы*, и тѣмъ не менѣе дѣйствительныя *ускоренія* даютъ больше, не вводя ничего излишняго. Я надѣюсь, что въ будущемъ естествознаніе устранитъ вслѣдствіе формальной ихъ неясности понятія причины и слѣдствія, въ которыхъ не только я одинъ нахожу сильный налетъ фетишизма. Болѣе цѣлесообразно *разсматривать понятія, опредѣляющія какой-нибудь фактъ, въ зависимости другъ отъ друга*, просто въ томъ чисто логическомъ смыслѣ, въ какомъ это дѣлаетъ математикъ, геометръ, напримѣръ. Силы, правда кажутся намъ ближе при сравненіи ихъ съ нашей волей, но, можетъ быть, сама воля станетъ намъ яснѣе, если сравнить ее съ ускореніемъ массъ.

Когда фактъ кажется намъ *яснымъ*? По совѣсти говоря, тогда, когда мы можемъ воспроизвести его довольно *простыми*, привычными намъ мыслями, какъ, напримѣръ, образованіе ускореній, геометрическое сложеніе ихъ и т. д. Само собою разумѣется, что требованія *простоты* у человѣка свѣдущаго иныя, чѣмъ у человѣка начинающаго. Первому достаточно описаніе при помощи системы дифференціальныхъ уравненій, между тѣмъ какъ второму нужно постепенное развитіе изъ элементарныхъ законовъ. Первый сейчасъ же проникаетъ своимъ умственнымъ взоромъ въ связь, существующую между обоими изложеніями. Мы не отрицаемъ, конечно, того, что *художественная* цѣнность, такъ сказать, описаній, по существу равноцѣнныхъ, можетъ быть весьма различна.

Людей, стоящихъ далеко отъ науки, будетъ труднѣе всего убѣдить въ томъ, что великіе общіе *законы* физики для любыхъ системъ массъ, электрическихъ, магнитныхъ системъ и т. д. ничѣмъ существеннымъ не отличаются отъ *описаній*. Физика находится въ данномъ случаѣ въ болѣе выгодномъ положеніи, чѣмъ многія другія науки. Если, напримѣръ, анатомъ, опредѣляя сходные и различные признаки животныхъ, приходитъ къ все болѣе и болѣе точной и расчлененной *классификаціи*, то отдѣльные факты, представляющіе послѣдніе члены системы, все же столь *различны*, что они должны быть *отмѣчены отдѣльно*. Возьмемъ, напримѣръ, общіе признаки позвоночныхъ животныхъ, типическія черты класса млекопитаю-

щихъ и птицъ съ одной стороны и рыбъ—съ другой, двойной путь кровообращенія съ одной стороны и единственный—съ другой. Въ концѣ концовъ всегда остаются еще *изолированные* факты, обнаруживающіе лишь *слабое* сходство между собой.

Если взять химію—науку, гораздо болѣе родственную физикѣ,—мы найдемъ ее часто въ подобномъ же положеніи. Скачкообразное измѣненіе качественныхъ свойствъ, обусловленное, можетъ быть, слабой устойчивостью переходныхъ состояній, слабое сходство координированныхъ фактовъ химіи, затрудняютъ описаніе. Пары тѣлъ съ различными качественными свойствами вступаютъ въ соединенія въ различныхъ отношеніяхъ массъ, но связь между первыми и послѣдними сначала не замѣчается.

Другое дѣло—физика. Здѣсь мы находимъ цѣлыя, большія области *качественно однородныхъ* фактовъ, различающихся между собой только по числу равныхъ частей, на которое могутъ быть разложены ихъ признаки, и, слѣдовательно, только *количественно*. Даже тамъ, гдѣ мы имѣемъ дѣло съ качествами (цвѣта и тоны), мы тоже можемъ оперировать количественными ихъ *признаками*. Здѣсь *классификація* есть столь простая задача, что она, какъ таковая, большей частью и до сознанія не доходитъ, и даже въ случаѣ безконечно тонкихъ различій, въ случаѣ *непрерывнаго ряда фактовъ*, мы имѣемъ въ нашемъ распоряженіи систему чиселъ, способную въ любой мѣрѣ слѣдовать за этими мелкими различіями. Координированные факты здѣсь весьма сходны и родственны, но таковы же ихъ описанія, которыя сводятся къ опредѣленію численныхъ величинъ однихъ признаковъ на основаніи численныхъ величинъ другихъ признаковъ при помощи привычныхъ численныхъ операцій. Здѣсь, поэтому, можетъ быть найдено *общее* во всѣхъ описаніяхъ и здѣсь, поэтому, можетъ быть дано *обобщающее* описаніе или *правило для составленія* всѣхъ отдѣльныхъ описаній, и это правило мы и называемъ *закономъ*. Общеизвѣстными примѣрами этого могутъ служить формулы движенія свободно падающаго или брошеннаго тѣла, движенія по кругу и т. д. Но если физика со своими методами даетъ намъ какъ будто гораздо больше, чѣмъ другія науки, то зато съ другой стороны должны же мы принять въ соображеніе, что и *задачи* ея въ извѣстномъ смыслѣ *гораздо болѣе простыя*.

Остальнымъ наукамъ, факты которыхъ тоже имѣютъ же физическую сторону, не приходится завидовать физикѣ съ ея болѣе благопріятнымъ положеніемъ, ибо все, чего достигаетъ она, въ

концѣ концовъ служитъ и имъ на пользу. Но это положеніе дѣлъ можетъ и должно измѣниться и другимъ еще путемъ. Химія прекрасно съумѣла по своему использовать методы физики. Если не считать попытокъ болѣе древняго происхожденія, достаточно вспомнить періодическую систему *Л. Мейера* и *Д. Менделѣева*, представляющую геніальное и плодотворнѣйшее средство дать поддающуюся обзору систему фактовъ, которая, постепенно заполняясь, почти сможетъ замѣнить *непрерывный рядъ* фактовъ. И изученіемъ растворовъ, явленій диссоціаціи, вообще процессовъ, представляющихъ, дѣйствительно, непрерывный рядъ случаевъ, методы термодинамики получили доступъ въ химію. Такъ явится когда-нибудь, будемъ надѣяться, математикъ, на котораго больше будетъ дѣйствовать непрерывный рядъ фактовъ эмбріологіи, котораго палеонтологи будущаго сумѣютъ познакомить съ большимъ числомъ промежуточныхъ формъ между ящероптицей доисторическихъ временъ и птицей настоящаго времени, чѣмъ это возможно теперь, и, видоизмѣнивъ нѣкоторые параметры, онъ сумѣетъ, какъ въ неустойчивой туманной картинѣ, переводить одну форму въ другую такъ, какъ мы въ настоящее время превращаемъ одно коническое сѣченіе въ другое [1]).

Если мы теперь вернемся къ словамъ *Кирхгоффа*, намъ нетрудно будетъ согласиться между собой относительно ихъ значенія. Чтобы построить зданіе, нужны камни для постройки, известка, лѣса и умѣніе строить. Но основательно-же желаніе показать будущимъ поколѣніямъ готовое зданіе, не обезображенное лѣсами. Въ *Кирхгоффѣ* говоритъ чистое логически-эстетическое чутье математика. Новыя изложенія физики дѣйствительно приближаются къ его идеалу, и этотъ послѣдній понятенъ и намъ. Но плохимъ дидактикомъ былъ-бы, конечно, тотъ, кто, желая образовать архитекторовъ, привелъ бы людей къ зданію и сказалъ имъ: вотъ великолѣпное зданіе, если ты тоже хочешь строить, то иди и дѣлай такъ-же.

Границы между различными спеціальностями, облегчающія раздѣленіе и усовершенствованіе работы и кажущіяся намъ тѣмъ не менѣе столь холодными и филистерскими, постепенно исчезнутъ.

---

[1]) [Этотъ математикъ довольно скоро нашелся въ лицѣ геніальнаго астронома *Shiaparelli*, взглядъ котораго проникаетъ далеко за предѣлы его спеціальности. См. J. *V. Schiaparelli*, Studio comparativo tra le forme organiche naturali e le forme geometriche pure. *U. Hoepli*. Milano 1898.—1902].

Рушится одинъ мостъ за другимъ. Сопоставляются и сравниваются содержаніе и методы даже самыхъ отдаленныхъ спеціальностей. Когда лѣтъ черезъ сто снова соберется собраніе естествоиспытателей, оно въ большей мѣрѣ, чѣмъ сегодня, представитъ, будемъ надѣяться, одно единое цѣлое, не только по взглядамъ и цѣли, но и по *методу*. Содѣйствовать-же будетъ наступленію этого момента, если мы будемъ помнить о *внутреннемъ родствѣ между всѣми областями нашего изслѣдованія*, которому *Кирхгоффъ* съумѣлъ дать столь классически простое выраженіе.

XVI.

О вліяніи случайныхъ обстоятельствъ на изобрѣтенія и открытія [1]).

На первыхъ ступеняхъ развитія какъ народовъ, такъ и отдѣльныхъ личностей, ихъ мышленію свойственно при первомъ же лучѣ удачи считать всѣ проблемы разрѣшимыми и поддающимися изслѣдованію въ самомъ корнѣ. Такъ мудрецъ изъ Милета, увидѣвъ, что для растенія необходима влага, полагаетъ уже, что онъ понялъ всю природу; такъ и мыслитель изъ Самоса, замѣтивъ, что опредѣленныя числа соотвѣтствуютъ длинамъ гармоническихъ струнъ, надѣется при помощи чиселъ исчерпать сущность міра. Философія и наука составляютъ въ то время *одно цѣлое*. Но съ накопленіемъ опыта, ошибки вскорѣ вскрываются, зарождается критика и начинается дѣленіе и развѣтвленіе науки.

Но потребность человѣка въ общемъ взглядѣ на міръ остается. Въ угоду этой потребности философія отдѣляется отъ спеціальнаго изслѣдованія. Правда, мы часто встрѣчаемъ ихъ еще совмѣщенными въ одной какой нибудь великой личности, какъ *Декартъ* и *Лейбницъ*. Въ общемъ однако пути философіи и спеціальныхъ знаній расходятся все дальше и дальше. И если порой первая настолько отчуждается отъ вторыхъ, что она надѣется построить міръ изъ опыта дѣтской, то спеціальный изслѣдователь впадаетъ въ противоположную крайность, воображая, что для разрѣшенія міровой загадки достаточно распутать тотъ единственный узелъ, предъ которымъ онъ стоитъ непосредственно и который въ силу перспективы представляется ему въ сильно преувеличенномъ видѣ. Всякій

---

[1]) Рѣчь, произнесенная при занятіи кафедры философіи [исторіи и теоріи индуктивныхъ наукъ] въ вѣнскомъ университетѣ 21-го октября 1895 года.

дальнѣйшій обзоръ онъ считаетъ невозможнымъ и даже излишнимъ, забывая о словахъ *Вольтера*, умѣстныхъ здѣсь больше, чѣмъ гдѣбы то ни было: «Le superflu—chose trés necessaire».

Правда, вслѣдствіе неудовлетворительности строительнаго матеріала, исторія философіи въ большинствѣ случаевъ является исторіей заблужденій, и иначе оно и быть не можетъ. Но мы не должны быть неблагодарными и забывать, что источники идей, которыя и сегодня еще освѣщаютъ путь спеціальному изслѣдованію, какъ-то: ученіе объ ирраціональныхъ количествахъ, идеи о сохраненіи, ученіе о развитіи, идея специфическихъ энергій и др. заложены въ философіи временъ давно минувшихъ. И далеко не безразлично, отклонилъ-ли человѣкъ данную попытку оріентироваться въ окружающемъ мірѣ, *сознавая* недостаточность средствъ, или же онъ ея даже никогда и не предпринималъ. Въ послѣднемъ случаѣ спеціалистъ платится за свою небрежность тѣмъ, что впадаетъ въ своей узкой области въ тѣ-же ошибки, которыя философія давно познала уже, какъ таковыя. Такъ мы находимъ въ физикѣ и физіологіи первой половины XIX столѣтія идеи, которыя по своей наивной простотѣ почти ничѣмъ не отличаются отъ ученій іонической школы, отъ идей *Платона* или пресловутаго онтологическаго доказательства и т. д.

Такое положеніе вещей все же начинаетъ какъ будто постепенно измѣняться. Съ одной стороны современная философія ставитъ себѣ болѣе скромныя, достижимыя цѣли, не относится уже враждебно къ спеціальному изслѣдованію, а даже охотно принимаетъ въ немъ участіе. Съ другой стороны науки спеціальныя—математика и физика, науки историческія и филологическія—стали въ значительной степени философскими. Найденный и непосредственно данный матеріалъ не принимается уже безъ всякой критики, а обращаются взглядомъ въ области сосѣднія, откуда онъ позаимствованъ. Отдѣльныя спеціальныя области знанія тяготѣютъ другъ къ другу, ища взаимной связи. Такъ и среди философовъ постепенно прокладываетъ себѣ путь мысль, что вся философія можетъ заключаться только во взаимномъ критическомъ дополненіи, проникновеніи и объединеніи спеціальныхъ наукъ въ одно единое цѣлое. Подобно тому, какъ кровь, разнося питаніе по организму, расходится по безчисленнымъ капиллярнымъ сосудамъ для того, чтобы снова собраться въ сердцѣ, такъ въ наукѣ будущаго все знаніе будетъ все болѣе и болѣе сливаться въ *единый* потокъ.

Вотъ это воззрѣніе, далеко не чуждое уже современному поко-

лѣнію, я и собираюсь защищать въ настоящей лекціи. Не надѣйтесь, поэтому, или не бойтесь, что я буду заниматься построеніемъ системъ. Я остаюсь естествоиспытателемъ. Но и не надѣйтесь, что я стану касаться здѣсь всѣхъ областей естествознанія. Лишь въ области, мнѣ *близко знакомой*, могу я взять на себя роль проводника и лишь въ этой области я въ состояніи буду способствовать хоть въ незначительной степени успѣхамъ указанной работы. И если мнѣ удастся представить вамъ отношенія, существующія между физикой, психологіей и критикой познанія, настолько ясно, чтобы каждая изъ этихъ областей служила вамъ пособіемъ для пониманія другихъ, я уже буду считать свой трудъ не напраснымъ. Чтобы показать на примѣрѣ, какъ бы я велъ такія изслѣдованія примѣнительно къ моимъ представленіямъ и силамъ, я займусь сегодня,—конечно, только въ формѣ очерка—разрѣшеніемъ одного частнаго и ограниченнаго вопроса: *о вліяніи случайныхъ обстоятельствъ на изобрѣтенія и открытія.*

Когда о какомъ-либо человѣкѣ говорятъ, что онъ пороха не выдумаетъ, то этимъ думаютъ выставить его способности въ довольно неблагопріятномъ свѣтѣ. Это выраженіе едва ли можно назвать удачнымъ, такъ какъ нѣтъ изобрѣтенія, въ которомъ предусмотрительное мышленіе играло бы меньшую роль, а счастливый случай—большую роль, чѣмъ въ изобрѣтеніи пороха. Но имѣемъ ли мы вообще право дѣлать низкую оцѣнку трудамъ изобрѣтателя на томъ основаніи, что ему помогалъ случай? *Гюйгенсъ*, сдѣлавшій такъ много открытій и изобрѣтеній, что мы можемъ довѣрять его сужденію въ этомъ дѣлѣ, приписываетъ случаю важную роль, утверждая, что онъ считалъ бы сверхчеловѣческимъ геніемъ *того*, кто изобрѣлъ бы зрительную трубу *безъ* помощи случая [1]).

Культурный человѣкъ видитъ себя окруженнымъ массою самыхъ удивительныхъ изобрѣтеній даже въ томъ случаѣ, если онъ принимаетъ во вниманіе лишь средства для удовлетворенія самыхъ насущныхъ потребностей. Если онъ мысленно переносится во времена *до* изобрѣтенія этихъ средствъ и серьезнымъ образомъ пытается понять ихъ происхожденіе, то умственныя силы пред-

[1]) Quod si quis tanta industria exstitisset, ut ex naturae principiis et geometria hanc rem eruere potuisset, eum ego supra mortalium sortem ingenio valuisse dicendum crederem. Sed hoc tantum abest, ut fortuito reperti artificii rationem non adhuc satis explicari potuerint viri doctissimi. Hugenii Dioptrica (de telescopsii).

ковъ, создавшихъ *такія* вещи, должны ему казаться невѣроятно великими, а согласно древнимъ сказаніямъ—почти *божественными*. Но его изумленіе значительно ослабѣваетъ, когда онъ обращается къ отрезвляющимъ разоблаченіямъ изслѣдованій культуры, столь много выясняющихъ и все же столь поэтически освѣщающихъ доисторическую жизнь человѣчества. Исторія культуры можетъ представить не мало доказательствъ тому, какъ медленно, какими незамѣтными, маленькими шагами впередъ подготовлялись эти изобрѣтенія.

Первобытная печь представляетъ собою небольшое углубленіе въ землѣ, въ которомъ разводится огонь. Мясо убитаго животнаго, помѣщенное съ водой въ его же шкуру, варится при помощи положенныхъ туда же раскаленныхъ камней. Такая же варка съ помощью камней производится и въ деревянныхъ сосудахъ. Выдолбленная тыква покрывается глиной для предохраненія отъ огня. Такъ *случайно* изъ пережженной глины получается горшокъ, дѣлающій излишней самое тыкву. Долгое время пользуются еще однако въ качествѣ формы для приготовленія горшковъ тыквою или плетеной корзинкой, пока не научаются, наконецъ, выдѣлывать горшки безъ всякой формы. И тогда сохраняется еще, какъ бы въ качествѣ свидѣтельства о происхожденіи этого искусства, орнаментировка, напоминающая собой слѣды плетенки. Такъ, благодаря случайнымъ обстоятельствамъ, т. е. обстоятельствамъ, находящимся внѣ власти человѣка и не поддающимся предвидѣнію, онъ постепенно научается находить все болѣе и болѣе удобные пути для удовлетворенія своихъ потребностей. Какъ могъ бы человѣкъ безъ помощи случая предвидѣть, что изъ глины, обработанной обыкновеннымъ способомъ, можетъ выйти сосудъ, пригодный для варки пищи?

Большинство изобрѣтеній, относящихся къ первымъ начаткамъ культуры,—включая сюда языкъ, письменность, деньги и др.,—уже потому не могли быть результатомъ сознательной планомѣрной дѣятельности мышленія, что представленіе объ ихъ цѣнности и значеніи могло явиться только при ихъ *употребленіи*. Дерево, переброшенное поперекъ ручья, могло стать прототипомъ моста, а камень, случайно попавшійся въ руки при раскалываніи орѣха, могъ привести къ изобрѣтенію орудій. И употребленіе огня могло тамъ получить начало и найти распространеніе оттуда, гдѣ изверженія вулкановъ, горячіе источники, пламя горючихъ газовъ, или удары молніи случайно знакомили человѣка со свойствами огня и

способомъ пользоваться имъ. Только послѣ этого буравъ, найденный при просверливаніи куска дерева, могъ быть оцѣненъ и какъ средство для добыванія огня. Одинъ великій изслѣдователь выразилъ взглядъ, ставящій изобрѣтеніе такого бурава въ связь съ какой-то религіозной церемоніей, но мнѣ это представляется фантастичнымъ и невѣроятнымъ. Выводить *употребленіе* огня изъ изобрѣтенія этого первобытнаго орудія столь же неосновательно, какъ выводить его изъ изобрѣтенія спичекъ. Нѣтъ никакого сомнѣнія, что болѣе соотвѣтствуетъ истинѣ путь обратный [1]).

Подобныя-же явленія, покрытыя еще отчасти глубокимъ мракомъ, послужили причиной перехода народовъ отъ занятія охотой къ занятію скотоводствомъ и земледѣліемъ [2]). Не будемъ больше накоплять примѣровъ, а замѣтимъ еще только, что тѣ-же явленія повторились и въ эпоху историческую, во время великихъ техническихъ изобрѣтеній, и что относительно этого періода можно встрѣтить довольно чудовищныя представленія, приписывающія случаю чрезвычайно преувеличенное, психологически невозможное вліяніе. Утверждаютъ, напримѣръ, что наблюденіе надъ паромъ, приподнимающимъ крышку чайника, привело къ изобрѣтенію паровой машины. Но подумайте только, какое огромное разстояніе еще между этимъ зрѣлищемъ и представленіемъ объ огромной силѣ пара, если взять человѣка, незнакомаго еще съ паровой машиной! Но когда инженеръ, знакомый уже съ устройствомъ насоса, случайно погружаетъ нагрѣтую до-суха и наполненную паромъ бутылку, горлышкомъ внизъ, въ воду и когда эта послѣдняя быстро входитъ въ бутылку и поднимается въ ней, то у него можетъ явиться мысль построить удобный и выгодный паровой всасывающій насосъ.

---

[1]) Это не исключаетъ возможности того, чтобы впослѣдствіи такой буравъ для добыванія огня игралъ извѣстную роль въ культѣ огня или солнца. (Къ моему удовольствію мой взглядъ на эти вещи, основанный на чисто-*психологическихъ* соображеніяхъ, оказался въ согласіи съ разсужденіями K von den Steinen'a („Unter den Naturvölkern Central—Brasiliens". Berlin 1897. S. 214—218). Онъ устанавливаетъ слѣдующія ступени: 1) пользованіе огнемъ, случайно найденнымъ въ природѣ; 2) храненіе и уходъ за нимъ; 3) распространеніе и переносъ его (пожарами и тлѣющимъ *трутомъ*); 4) изобрѣтеніе бурава для добыванія огня при *приготовленіи трута*.—Въ той же книгѣ авторъ успѣшно борется и съ нѣкоторыми другими предразсудками.— 1902 г.).

[2]) Ср. по этому поводу въ высшей степени интересное сообщеніе Carus'a, The philosophy of the tool. Chicago, 1893.

Постепенно, подвергаясь едва замѣтнымъ видоизмѣненіямъ, возможнымъ и даже вполнѣ понятнымъ психологически, этотъ процессъ съ теченіемъ времени могъ превратиться въ паровую машину *Уатта*.

Но если вѣрно то, что случай наводилъ человѣка самымъ непредвидѣннымъ для него образомъ на мысль о важнѣйшихъ изобрѣтеніяхъ, то отсюда далеко еще не слѣдуетъ, что одинъ *только* случай достаточенъ для изобрѣтенія. Человѣкъ въ этомъ случаѣ далеко не остается бездѣятельнымъ. И первый горшечникъ, обитавшій въ первобытномъ лѣсу, долженъ былъ чувствовать себя до извѣстной степени геніемъ. Онъ долженъ былъ *остановить свое вниманіе* на новомъ фактѣ, *усмотрѣть* и *распознать* въ немъ полезную для себя сторону и съумѣть *воспользоваться* ей для своей цѣли. Онъ долженъ былъ *различить* новое, *запомнить* его, *связать* и *сплести* его со всѣмъ остальнымъ своимъ мышленіемъ. Однимъ словомъ, онъ долженъ былъ обладать способностью *познавать и усваивать данныя опыта*.

Способность эта можетъ служить *мѣриломъ интеллекта*. Послѣдній чрезвычайно различенъ у людей одного и того-же племени и мощно выростаетъ, если мы отъ низшихъ животныхъ поднимемся до человѣка. У первыхъ мы находимъ почти исключительно унаслѣдованную вмѣстѣ съ организаціей рефлективную дѣятельность, они почти совершенно лишены способности къ индивидуальному опыту, да и врядъ ли въ немъ нуждаются при тѣхъ несложныхъ жизненныхъ условіяхъ, въ которыхъ они живутъ. Улитка продолжаетъ приближаться къ актиніи, сколько-бы она ни сжималась подъ ударами жгутиковъ, какъ будто она не помнитъ о боли [1]). Одного и того-же паука можно много разъ подрядъ выманывать прикосновеніемъ камертона къ паутинѣ; моль, разъ обжегшись, не перестаетъ летѣть на огонь; бабочка безчисленное множество разъ ударяется о розы, нарисованныя на обояхъ [2]), напоминая того жалкаго мыслителя, который все однимъ и тѣмъ-же способомъ бьется надъ разрѣшеніемъ какой-нибудь неразрѣшимой *мнимой* проблемы. Почти столь-же безсознательно и столь-же безпорядочно, какъ молекулы газа *Максвелля*, мухи налетаютъ, въ своемъ стремленіи къ свѣту и свободѣ, на стекло полуоткрытаго окна и остаются взаперти, не будучи въ состояніи найти путь черезъ отверстіе, обогнувъ раму. Но щука

---

1) *Möbius*, Naturwiss. Verein f. Schleswig-Holstein. Kiel 1873. Стр. 113 и слѣд.

2) О наблюденіи этомъ мнѣ сообщилъ проф. *Hatschek*.

въ акваріумѣ, отдѣленная отъ другихъ рыбъ стеклянной перегородкой, замѣчаетъ уже по истеченіи нѣсколькихъ мѣсяцевъ, послѣ довольно болѣзненныхъ для нея попытокъ, что она не должна бросаться на нихъ во избѣжаніе непріятныхъ для нея послѣдствій. Вы можете послѣ этого удалить даже перегородку, и щука все-же не тронетъ этихъ рыбъ, хотя всякую другую рыбу, которую вы внесете въ акваріумъ, она въ живыхъ не оставитъ. Перелетнымъ птицамъ мы должны приписать уже значительную память, которая, вѣроятно, вслѣдствіе отсутствія мыслей, способныхъ затруднить воспоминаніе, обладаетъ такой точностью, какъ память нѣкоторыхъ кретиновъ. Но общеизвѣстна способность оріентированія высшихъ позвоночныхъ животныхъ, въ которой ясно проявляется ихъ способность пріобрѣтать опытъ.

Сильно развитая *механическая* память, живо и вѣрно воспроизводящая въ сознаніи событія прошлаго, достаточна для избѣжанія *опредѣленной отдѣльной* опасности, для использованія *опредѣленнаго отдѣльнаго благопріятнаго* случая. Но для *изобрѣтенія* этого недостаточно. Для этого необходимы болѣе длинные ряды представленій, возбужденіе однихъ рядовъ представленій другими, болѣе сильная, болѣе многосложно развитая связь всего содержанія памяти, усиленная упражненіемъ, болѣе мощная и болѣе чувствительная психическая жизнь. Человѣкъ подходитъ къ ручью. Ему нужно быть на томъ берегу, перейти вбродъ онъ не можетъ, и это обстоятельство его сильно затрудняетъ. Онъ вспоминаетъ, что ему приходилось уже разъ переходить черезъ такой ручей по переброшенному стволу дерева. Вблизи имѣются деревья. Опрокинутыя деревья ему передвигать уже приходилось. Приходилось ему уже и рубить деревья и тогда ихъ можно было передвигать съ мѣста на мѣсто. Для рубки онъ употреблялъ острыя каменья. Онъ отыскиваетъ такой камень и, *воспроизводя въ обратномъ порядкѣ* пришедшія ему на память событія прошлаго, которыя оживаютъ всѣ подъ вліяніемъ *сильнаго желанія* перейти черезъ ручей, онъ изобрѣтаетъ мостъ.

Нѣтъ сомнѣнія, что высшія позвоночныя животныя въ скромныхъ размѣрахъ приспособляютъ свои дѣйствія къ обстоятельствамъ. Если у нихъ не замѣтно болѣе или менѣе значительнаго прогресса накопленіемъ изобрѣтеній, то это достаточно объясняется различіемъ въ *степени* или интенсивности ихъ интеллекта сравнительно съ человѣческимъ; принимать здѣсь какое-нибудь *родовое* различіе, намъ, согласно принципу изслѣдованія *Ньютона*, нѣтъ

надобности. Кто ежедневно сберегаетъ самую незначительную сумму, имѣетъ огромное преимущество передъ тѣмъ, кто эту-же сумму ежедневно теряетъ или даже кто не въ состояніи надолго сохранить ее. Небольшимъ количественнымъ различіемъ здѣсь объясняется огромное различіе роста.

То, что имѣетъ значеніе для доисторическаго времени, остается въ силѣ и для историческаго, и то, что сказано объ *изобрѣтеніи*, можно почти буквально повторить и относительно *открытія*: все различіе между ними сводится только къ различному употребленію, которое дѣлается изъ какого-нибудь новаго познанія. Какъ въ томъ, такъ и въ другомъ случаѣ, дѣло идетъ о *вновь усмотрѣнной* связи между новыми или уже извѣстными чувственными или логическими особенностями. Мы находимъ, напримѣръ, что вещество, дающее химическую реакцію A, освобождаетъ и реакцію B. Если это обстоятельство содѣйствуетъ лишь болѣе ясному пониманію вещей, избавленію отъ *интеллектуальной* неудовлетворенности, то передъ нами *открытіе*. Если-же мы *пользуемся* веществомъ, дающимъ реакцію A, для того, чтобы получить въ цѣляхъ *практическихъ* желательную намъ реакцію B, чтобы освободиться отъ нѣкотораго *матеріальнаго* неудобства, то мы имѣемъ дѣло съ *изобрѣтеніемъ*. Выраженіе «*отысканіе новой связи между реакціями*» достаточно широко для того, чтобы охарактеризовать открытія и изобрѣтенія во всѣхъ областяхъ. Оно обнимаетъ собой и пиѳагорову теорему, устанавливающую связь между геометрической и ариѳметической реакціей, и ньютоново открытіе связи между изученнымъ *Кеплеромъ* движеніемъ и закономъ тяготѣнія, обратно пропорціональнаго квадрату разстоянія, и введеніе какого-нибудь небольшого улучшенія въ конструкцію того или другого орудія, или цѣлесообразнаго измѣненія въ манипуляціяхъ красильнаго дѣла.

На открытіе новыхъ областей фактовъ, до сихъ поръ еще неизвѣстныхъ, могутъ натолкнуть только *случайныя* обстоятельства, при которыхъ факты, остающіеся обыкновенно незамѣтными, становятся *замѣтными*. Заслуга человѣка, дѣлающаго открытіе, заключается здѣсь въ *особенно сильномъ напряженіи вниманія*, позволяющемъ уже по нѣкоторымъ *слѣдамъ* замѣтить [1]) необычное въ явленіи и его условіяхъ и распознать пути, по которымъ можно прійти къ наблюденію въ полномъ его объемѣ.

Сюда относятся первыя наблюденія электрическихъ и магнит-

[1]) См. Hoppe, Entdecken und Finden, 1870.

ныхъ явленій, наблюденіе *Гримальди* явленій интерференціи, наблюденіе *Араго*, что магнитная стрѣлка, помѣщенная въ мѣдной коробкѣ, скорѣе прекращаетъ свои колебательныя движенія, чѣмъ та же стрѣлка, помѣщенная въ картонную коробку, наблюденіе *Фуко* устойчивой плоскости колебанія, вращающагося на токарномъ станкѣ, стержня, который онъ случайно толкнулъ, наблюденіе *Майеромъ* красноты венозной крови въ тропикахъ, наблюденное *Киргоффомъ* усиленіе D - линій въ солнечномъ спектрѣ, если на пути солнечнаго луча помѣстить натровую лампу, открытіе *Шэнбейномъ* озона на основаніи фосфорнаго запаха, замѣченнаго при пробѣганіи электрической искры черезъ воздухъ и т. д. и т. д. Многіе изъ этихъ фактовъ люди видѣли, безъ сомнѣнія, часто и раньше, чѣмъ они привлекли къ себѣ вниманіе, но всѣ они — примѣры того, какъ случайныя обстоятельства могутъ натолкнуть на богатыя послѣдствіями открытія и какое великое значеніе имѣетъ *напряженіе* вниманія.

Но обстоятельства, обнаруживающіяся помимо воли изслѣдователя, могутъ имѣть весьма сильное вліяніе не только въ смыслѣ побужденія къ изслѣдованію, но и какъ руководство при самомъ изслѣдованіи. Такъ, Dufay узнаетъ о существованіи *двухъ* электрическихъ состояній, изслѣдуя особенности предполагаемаго имъ *одного* состоянія. *Френель* случайно находитъ, что полосы интерференціи, схваченныя на матовомъ стеклѣ, гораздо лучше видны въ воздухѣ. Явленіе отраженія двухъ щелей происходитъ совсѣмъ не такъ, какъ того ждалъ *Фраунгоферъ* и, занявшись изученіемъ этого явленія, онъ приходитъ къ открытію спектра рѣшетокъ. Явленія индукціи, открытыя *Фарадеемъ*, значительно отступаютъ отъ того представленія, которое побудило его произвести свои опыты, и именно это отклоненіе и представляетъ собою открытіе.

Кому не случалось задумываться надъ тѣмъ или другимъ явленіемъ? Каждый можетъ пополнить эти примѣры случаями изъ собственной жизни. Вотъ одинъ изъ многихъ: проѣзжая однажды по желѣзной дорогѣ, я случайно замѣтилъ, что на закругленіи пути дома и деревья представляются сильно покосившимися. Это послужило для меня доказательствомъ того, что направленіе полнаго *физическаго* ускоренія массъ *физіологически* представляется въ видѣ вертикали. Когда я захотѣлъ точнѣе ознакомиться сначала только съ этимъ явленіемъ при помощи центрифуги (Rotations—apparat), то побочныя явленія навели меня на ощущеніе углового ускоренія, явленія головокруженія при вращеніи, на опыты *Флу-*

ранса съ перерѣзанными полукружными каналами и т. д., откуда постепенно развились представленія объ оріентирующихъ ощущеніяхъ, защищаемыя также Breur'омъ и Brown'омъ. Ощущенія эти сперва весьма сильно оспаривались, а теперь встрѣчаютъ почти всеобщее признаніе и такимъ интереснымъ образомъ дополнены въ послѣднее время изслѣдованіями Breuer'a о «macula acustica» и опытами *Крейдля* надъ раками, направляемыми при помощи магнита. Изслѣдованіе подвигается впередъ не тогда, когда *оставляютъ безъ вниманія* случай, а когда *цѣлесообразно и сознательно* пользуются имъ.

Чѣмъ сильнѣе *психическая связь* всѣхъ образовъ вспоминанія, смотря по индивидууму и по настроенію, тѣмъ богаче результатами можетъ быть одно и то-же наблюденіе. *Галилей* знаетъ, что воздухъ имѣетъ вѣсъ, онъ знаетъ также «сопротивленіе пустоты», выраженное какъ въ вѣсѣ, такъ и въ высотѣ водяного столба. Но всѣ эти мысли остаются въ его головѣ *не связанными*. Только *Торичелли* употребляетъ для измѣренія давленія—жидкости различнаго удѣльнаго вѣса и только тогда самъ воздухъ вносится въ рядъ жидкостей, способныхъ оказать давленіе. Обращеніе линій спектра и до *Кирхгоффа* наблюдалось многократно и даже находило механическое объясненіе. Но слѣды связи этого явленія съ явленіями теплоты могъ усмотрѣть только *его* острый взглядъ, и только передъ этимъ взглядомъ раскрывается въ упорной работѣ все важное значеніе этого факта для подвижного равновѣсія теплоты. Наряду съ *существующей уже* многократной органической связью всего содержанія памяти, характеризующей изслѣдователя, создаетъ *не существовавшія до тѣхъ поръ еще* благопріятныя связи мыслей прежде всего *сильное стремленіе* къ опредѣленной цѣли, *сильный интересъ* къ опредѣленной идеѣ, ибо эта послѣдняя пробуждается всѣмъ, что человѣкъ видитъ или о чемъ онъ думаетъ за день, и совсѣмъ этимъ вступаетъ въ близкую связь. Такъ *Bradley*, съ живымъ интересомъ занимаясь явленіями аберраціи свѣта, находитъ имъ объясненіе, благодаря ничтожному происшествію во время переправы черезъ Темзу. Спрашивается, помогаетъ ли случай изслѣдователю или изслѣдователь случаю давать успѣшные результаты?

Не слѣдуетъ и думать о разрѣшеніи трудной проблемы тому, кто не проникнутъ ею всецѣло, такъ что бы все остальное было для него маловажно. Во время мимолетной встрѣчи *Майера* съ *Jolly* въ Гейдельбергѣ, послѣдній съ нѣкоторымъ сомнѣніемъ указалъ

на то, что, если воззрѣніе *Майера* правильно, то вода должна нагрѣваться при взбалтываніи. *Майеръ* удалился, не сказавъ ни слова. Нѣсколько недѣль спустя онъ приходитъ къ *Jolly*, который уже не узналъ его, и заявляетъ: «Es iscбt aso!» («Оно такъ и есть!»). Только обмѣнявшись нѣсколькими словами, *Jolly* понялъ, что хотѣлъ сказать ему *Майеръ*. Комментаріи здѣсь излишни. [1])

Но даже человѣкъ, занятый только своими *мыслями* и недоступный чувственнымъ впечатлѣніямъ, можетъ натолкнуться на представленіе, которое направляетъ все его мышленіе на новые пути. Онъ дѣлаетъ тогда открытіе не *экспериментальнымъ*, а *дедуктивнымъ* путемъ, въ воспроизведенномъ, такъ сказать, въ его мысляхъ мірѣ, и этимъ открытіемъ онъ обязанъ случаю *психичес кому*, не *физическому переживанію*, *а* нѣкоторому переживанію *въ мысляхъ*. Впрочемъ, *чисто* экспериментальнаго изслѣдованія и не бываетъ, такъ какъ, какъ выражается *Гауссъ*, мы собственно всегда экспериментируемъ надъ собственными нашими мыслями. И именно эта непрерывная смѣна эксперимента и дедукціи, вносящая постоянно поправки, это тѣсное соприкосновеніе ихъ другъ съ другомъ, столь характерныя для *Галилея* въ его діалогахъ и для *Ньютона* въ его оптикѣ, составляютъ краеугольный камень, причину чрезвычайной плодотворности современнаго естествознанія сравнительно съ античнымъ, въ которомъ тонкое наблюденіе и сильное мышленіе существовали порой рядомъ, почти чуждыя другъ другу.

Наступленія благопріятнаго физическаго случая намъ приходится выжидать. Ходъ нашихъ мыслей подчиненъ закону ассоціаціи. При очень скудномъ опытѣ онъ приводилъ бы только къ простому воспроизведенію опредѣленныхъ чувственныхъ переживаній. Но когда психическая жизнь, благодаря богатому опыту, становится болѣе сложной и многосторонней, то каждый элементъ представленія бываетъ связанъ съ такимъ *множествомъ другихъ*, что *дѣйствительный* ходъ мыслей зависитъ отъ ничтожныхъ второстепенныхъ обстоятельствъ, часто едва замѣчаемыхъ, но иногда случайно получающихъ рѣшающее значеніе. Но процессъ, который мы называемъ *фантазіей*, можетъ создавать безконечно разнообразные образы. Что же *мы* можемъ сдѣлать, чтобы направлять этотъ процессъ, если законъ связи представленій не въ нашихъ

[1]) Объ этомъ сообщилъ мнѣ въ устной бесѣдѣ и потомъ подтвердилъ въ письмѣ самъ *Jolly*.

рукахъ? Или поставимъ вопросъ такъ: какое вліяніе можетъ имѣть *одно сильное*, постоянно повторяющееся представленіе на ходъ остальныхъ представленій? Если принять въ соображеніе сказанное выше, то отвѣтъ содержится уже въ самомъ вопросѣ. *Идея* господствуетъ надъ мышленіемъ изслѣдователя, а не наоборотъ.

Попробуемъ еще нѣсколько ближе вникнуть въ то, какъ дѣлаются открытія. Какъ удачно замѣчаетъ *У. Джемсъ*, состояніе человѣка, дѣлающаго открытіе, сходно съ положеніемъ человѣка, который старается вспомнить что-то, позабытое имъ. И тотъ, и другой чувствуютъ какой-то пробѣлъ, но лишь приблизительно догадываются о природѣ того, чего не хватаетъ. Я встрѣчаюсь, напримѣръ, въ обществѣ съ хорошо знакомымъ человѣкомъ, съ которымъ нахожусь въ дружественныхъ отношеніяхъ, но имя котораго я позабылъ. Къ моему ужасу онъ выражаетъ желаніе, чтобы я его кому-то представилъ. Согласно указаніямъ *Лихтенберга*, я прежде всего ищу въ алфавитѣ начальную букву его имени. Какая-то особенная симпатія заставляетъ меня остановиться на буквѣ *Г*. Я пробую присоединить къ ней слѣдующую букву и останавливаюсь на буквѣ е. Не успѣваю я еще продѣлать то-же самое для подысканія третьей буквы, какъ въ моихъ ушахъ звенитъ уже полное имя «Герзонъ», и я избавленъ отъ неловкости. Выйдя изъ дому, я встрѣтился съ однимъ знакомымъ, сообщившимъ мнѣ о чемъ-то. Вернувшись домой я, занятый мыслями о болѣе важныхъ вещахъ, обо всемъ позабылъ. Въ досадѣ я тщетно перебираю въ памяти то одно, то другое. Наконецъ, я замѣчаю, что я мысленно снова совершаю свой путь. На углу улицы стоитъ тотъ-же знакомый и повторяетъ свое сообщеніе. Здѣсь, слѣдовательно, всплываютъ въ моемъ сознаніи одно за другимъ всѣ представленія, которыя могутъ находиться въ какой-нибудь связи съ позабытыми, и въ концѣ концовъ вызываютъ и ихъ въ нашемъ сознаніи. Въ первомъ случаѣ въ частности—когда мы убѣдились въ правильности этого способа и онъ усвоенъ мышленіемъ, какъ постоянный методическій пріемъ—мы можемъ все продѣлать *систематически*, ибо мы знаемъ уже, что имя должно состоять изъ даннаго ограниченнаго числа звуковъ. Но вмѣстѣ съ тѣмъ очевидно, что эта работа комбинаціи буквъ въ слова разрослась бы до чрезвычайности, если бы имя было нѣсколько длиннѣе, а подготовленное къ нему *настроеніе* нѣсколько слабѣе.

Не безъ основанія говорятъ обыкновенно, что изслѣдователь разрѣшилъ *загадку*. Любую геометрическую задачу на построеніе

можно выразить въ формѣ загадки. Что это за вещь М., обладающая свойствами А, В, С? Что это за окружность круга, которой касаются прямыя А, В, при чемъ послѣдняя касается ея въ точкѣ С? Эти два условія вызываютъ въ нашемъ воображеніи цѣлый рядъ окружностей, центры которыхъ находятся на линіи, расположенной симметрично относительно линіи А и В. Третье условіе вызываетъ въ памяти окружности, геометрическимъ мѣстомъ центровъ которыхъ является перпендикуляръ, возстановленный изъ С на линію В. *Общій* членъ или общіе члены этихъ рядовъ представленій разрѣшаютъ *загадку*, рѣшаютъ задачу. Каждая загадка вызываетъ подобный же процессъ, съ тою лишь разницей, что въ этомъ случаѣ вспоминаніе должно направляться въ разныя стороны и обозрѣвать приходится менѣе ясныя, менѣе упорядоченныя и вмѣстѣ съ тѣмъ болѣе обширныя области представленій. Разница въ положеніяхъ геометра, рѣшающаго задачу на *построеніе*, и техника или естествоиспытателя, стоящихъ передъ своей проблемой, заключается лишь въ томъ, что первый имѣетъ дѣло съ областью, вполнѣ извѣстной, тогда какъ послѣдніе должны еще ознакомиться съ ней поближе. Техникъ имѣетъ еще, по крайней мѣрѣ, опредѣленную цѣль и преслѣдуетъ ее, пользуясь данными средствами, тогда какъ для естествоиспытателя даже сама цѣль можетъ быть знакома лишь въ самыхъ общихъ очертаніяхъ. Часто ему нужно бываетъ еще формулировать самую загадку. Часто возможность полнаго обозрѣнія предмета, которое позволило бы разрабатывать его систематически, является лишь по достиженіи цѣли. Здѣсь такимъ образомъ гораздо больше все зависитъ отъ счастья и инстинкта.

Для описаннаго процесса является несущественнымъ, совершается-ли онъ быстро въ одной головѣ или осуществляется на протяженіи столѣтій въ теченіе жизни цѣлаго ряда мыслителей. Какъ слово, являющееся отвѣтомъ на загадку, относится къ этому процессу, такъ современное представленіе о свѣтѣ относится къ фактамъ, установленнымъ *Гримальди*, *Рёмеромъ*, *Гюйгенсомъ*, *Ньютономъ*, *Юнгомъ*, *Малюсомъ* и *Френелемъ*, и только съ помощью этого постепенно развившагося представленія мы получаемъ возможность лучше обозрѣть обширную область.

Лучшимъ дополненіемъ къ тому, чему насъ учатъ изслѣдованіе культуры и сравнительная психологія, могутъ служить сообщенія великихъ изслѣдователей и художниковъ. Мы въ правѣ говорить объ изслѣдователяхъ и художникахъ, такъ какъ какого-либо

особенно глубокаго различія между дѣятельностью тѣхъ и другихъ не имѣется. Эту мысль не побоялись высказать *Іоганнесъ Мюллеръ* и *Либихъ*. Изслѣдователемъ-ли или художникомъ должны мы считать Леонардо-да-Винчи? Если художникъ создаетъ свое произведеніе, пользуясь немногими мотивами, то изслѣдователю приходится усмотрѣть мотивы, изъ которыхъ слагается дѣйствительность. Если такіе изслѣдователи, какъ *Лагранжъ* или *Фурье*, являются до извѣстной степени художниками въ изложеніи результатовъ своего изслѣдованія, то художники, въ родѣ *Шекспира* или Ruysdael'я, являются изслѣдователями въ дѣлѣ наблюденія, которое должно предшествовать ихъ творчеству.

Когда *Ньютона* спросили о методѣ его работы, онъ ничего не могъ отвѣтить, кромѣ того, что ему часто приходилось задумываться надъ тѣмъ-же. Подобнымъ-же образомъ высказывались *д'Аламберъ*, *Гельмгольцъ* и др. Какъ изслѣдователи, такъ и художники рекомендуютъ терпѣливую, настойчивую работу. Обозрѣвая по нѣсколько разъ одну и ту-же область, мы можемъ скорѣе натолкнуться на благопріятное случайное обстоятельство. При этомъ все, отвѣчающее извѣстному настроенію и соотвѣтствующее извѣстной руководящей идеѣ, становится живѣе, а все несоотвѣтствующее имъ отодвигается на второй планъ, не замѣчается нами. Тогда между образами, которые въ изобиліи вызываетъ предоставленная самой себѣ фантазія, можетъ неожиданно оказаться и тотъ, который вполнѣ соотвѣтствуетъ нашей *руководящей* идеѣ, нашему настроенію или намѣренію [1]). Получается такое впечатлѣніе, *будто* то, что въ дѣйствительности является результатомъ постепеннаго, продолжительнаго подбора, представляетъ собой продуктъ творческаго акта. Вотъ, что нужно разумѣть, когда *Ньютонъ*, *Моцартъ*, *Вагнеръ* говорятъ, что на нихъ нахлынули мысли, мелодіи и т. д. и что они только удержали изъ нихъ то, что имъ казалось правильнымъ. И геній—сознательно или инстинктивно—пользуется той или иной системой всюду, гдѣ это возможно, но, обладая тонкимъ чутьемъ, онъ даже и не примется за нѣкоторыя изъ работъ, надъ которыми безплодно трудится бездарность, или онъ оставитъ ихъ послѣ первой-же попытки. Такимъ образомъ, геній въ короткое время создаетъ то, на что не хватило-бы всей жизни обыкновеннаго человѣка [2]).

---

[1]) [Прекрасно изложена роль случая въ изобрѣтеніи художника у P. Souriau, Theorie de l'Invention, Paris, 1881—1902].

[2]) Я не знаю, дѣйствительно-ли академія для выработки проэктовъ въ

Мы врядъ ли ошибемся, если усмотримъ въ геніѣ нѣкоторое, быть можетъ, слабое лишь, отклоненіе отъ уровня среднихъ человѣческихъ способностей, нѣсколько большую впечатлительность и быстроту реакціи мозга. Пусть филистеры считаютъ порядочными глупцами людей, которые, слѣдуя своему влеченію, приносятъ столь великія жертвы какой-нибудь идеѣ вмѣсто того, чтобы гнаться за собственными своими матеріальными выгодами. Во всякомъ случаѣ трудно смотрѣть на геніальность, какъ на болѣзнь, какъ это дѣлаетъ *Ломброзо*, хотя и вѣрно, къ сожалѣнію, и то, что болѣе чувствительный мозгъ, болѣе хрупкая организація легче поддаются и заболѣваніямъ.

Якоби говоритъ, что ростъ математики совершается медленно, что истина достигается лишь послѣ многихъ заблужденій и окольныхъ путей, что все должно быть подготовлено, чтобы въ опредѣленное время новая истина могла, наконецъ, выступить какъ будто подъ давленіемъ божественной необходимости [1]). То же самое можно сказать и о всякой наукѣ. Насъ часто поражаетъ, какъ требовалась порой работа самыхъ выдающихся мыслителей въ теченіе столѣтія для того, чтобы добиться воззрѣнія, которое мы въ настоящее время можемъ усвоить въ теченіе нѣсколькихъ часовъ. Когда мы уже знакомы съ нимъ, намъ *кажется*, что *получить* его очень легко. Со смиреніемъ мы отсюда заключаемъ, въ какой мѣрѣ даже человѣкъ *выдающійся* созданъ больше для повседневной жизни, чѣмъ для науки. Сколь многимъ и *онъ* обязанъ случаю, т. е. именно тому своеобразному совпаденію физической и психи-

---

Лагадо, въ которой дѣлаются великія открытія и изобрѣтенія путемъ особаго рода игры словами, есть сатира *Свифта* на методъ Ф. Бэкона дѣлать открытія при помощи особыхъ таблицъ. Такая сатира была-бы вполнѣ умѣстна. Упомянемъ здѣсь-же непринятое во вниманіе въ текстѣ сочиненіе E. Capitaine, «Das Wesen des Erfindens». Сочиненіе это обнаруживаетъ добросовѣстное стремленіе автора къ выясненію явленій и изобилуетъ хорошими мыслями. Правда, если-бы онъ шире осмотрѣлся кругомъ, онъ легко убѣдился-бы, что съ выясненіемъ процесса изобрѣтенія, какъ и съ точностью научныхъ понятій, дѣло не такъ плохо обстоитъ, какъ это ему кажется. Полезность-же систематическихъ и механическихъ процедуръ въ качествѣ вспомогательныхъ средствъ изобрѣтенія авторъ, повидимому, *весьма* переоцѣниваетъ.

[1]) Crescunt disciplinae lente tardeque; per varios errores sero pervenitur ad veritatem. Omnia praeparata esse debent diuturno et assiduo labore ad introitum veritatis novae. Jam illa certo temporis momento divina quadam necessitate coacta emerget. Цитировано у *Симони*, „In ein ringförmiges Band einen Knoten zu machen". Wien 1881. Стр. 41.

ческой жизни, въ которомъ находитъ ясное выраженіе непрерывно прогрессирующее, неполное и несовершенное приспособленіе второй къ первой,—это мы разсмотрѣли сегодня. Поэтическая мысль *Якоби* о дѣйствующей въ наукѣ божественной необходимости ничего не потеряетъ въ своемъ благородствѣ, если мы усмотримъ въ ней *ту самую* необходимость, которая все негодное разрушаетъ и все жизнеспособное поддерживаетъ. Ибо выше, благороднѣе, да и поэтичнѣе всякаго вымысла поэта есть дѣйствительность и истина.

XVII.

О сравнительномъ образовательномъ значенiи филологическихъ наукъ, математики и естествознанiя, какъ предметовъ преподаванiя въ высшихъ школахъ [1]).

Однимъ изъ самыхъ странныхъ плановъ, предложенныхъ извѣстнымъ президентомъ берлинской академiи, *Мопертюи*, своимъ современникамъ, былъ планъ основанiя города, въ которомъ (въ

---

[1]) Изложенныя въ настоящей главѣ мысли въ существенныхъ частяхъ своихъ заимствованы изъ наброска доклада, который я долженъ былъ прочитать на собранiи естествоиспытателей въ Зальцбургѣ въ 1881 г., но который не состоялся изъ-за парижской выставки. Во введенiи къ прочитаннымъ въ 1883 г. лекцiямъ „О преподаванiи физики въ средней школѣ", я снова вернулся къ этому вопросу, но только любезное приглашенiе нѣмецкаго союза учителей реальной школы дало мнѣ возможность изложить мои мысли предъ болѣе широкимъ кругомъ людей въ собранiи 16-го апрѣля 1886 г. въ Дортмундѣ. Не будь этого внѣшняго повода, мысли эти такъ и остались бы необнародованными, и по этой же причинѣ онѣ касаются прежде всего только *германскимъ* школъ, а чтобы примѣнить ихъ къ *австрiйскихъ*, въ нихъ должны быть внесены всѣмъ понятныя поправки.

Высказывая здѣсь свое глубокое убѣжденiе, къ которому я пришелъ уже съ давнихъ поръ, я могу только съ радостью отмѣтить, что оно во многомъ совпадаетъ съ взглядами, высказанными *Паульсеномъ* (Geschichte des gelehrten Unterrichts, Leipzig 1885) и *Frary* (la question du latin, Paris Cerf. 1885). Мнѣ вовсе не важно, скажу ли я здѣсь много новаго, а важно только посильно содѣйствовать зарожденiю неизбѣжнаго движенiя въ области школьнаго преподаванiя. По мнѣнiю опытныхъ педагоговъ, первымъ этапомъ на пути этого движенiя должно быть объявленiе *греческаго языка* съ одной стороны и *математики* съ другой *факультативными предметами преподаванiя* въ старшихъ классахъ гимназiй (см. прим. на стр. 240 о превосходной постановкѣ дѣла въ Данiи). Этимъ былъ бы переброшенъ мостъ черезъ пропасть, отдѣляющую гимназiю отъ (нѣмецкой) реальной гимназiи, а остальныя неизбѣжныя измѣненiя произошли бы тогда сравнительно спокойно и безшумно. Прага, май 1886.

цѣляхъ воспитанія учащагося юношества) всѣ люди говорили бы исключительно по латыни [1]). Этотъ латинскій *городъ* остался благимъ пожеланіемъ. Но не одно столѣтіе уже существуютъ грекo-латинскіе *дома*, въ которыхъ наши дѣти проводятъ добрую часть дня и въ атмосферѣ которыхъ они продолжаютъ оставаться и остальное время.

Уже не одно столѣтіе древніе языки составляютъ предметъ обязательнаго преподаванія. Уже не одно столѣтіе необходимость этого преподаванія оспаривается *одной* стороной и защищается *другой*. Но никогда еще не раздавались столь громко голоса достойныхъ уваженія людей противъ этого преобладанія древнихъ языковъ въ программѣ нашихъ учебныхъ заведеній и за воспитаніе, болѣе соотвѣтствующее времени, а именно за усиленіе преподаванія математики и естественныхъ наукъ.

Слѣдуя вашему любезному и почетному приглашенію, я хочу подѣлиться съ вами мыслями о сравнительномъ образовательномъ значеніи филологическихъ наукъ, математики и естествознанія, какъ предметовъ преподаванія въ высшихъ школахъ. Я считаю обязанностью каждаго учащаго составить себѣ опредѣленное мнѣніе по этому важному вопросу на основаніи *своего* опыта. Къ тому же я самъ въ молодости обучался короткое время (непосредственно до вступленія въ университетъ) въ общественной школѣ и потому могъ наблюдать на себѣ самомъ дѣйствіе весьма различныхъ методовъ преподаванія.

Если приглядѣться къ тому, *что* приводятъ защитники преподаванія филологическихъ наукъ въ его защиту и что въ противовѣсъ ему можно сказать въ защиту требованія о преподаваніи наукъ естественныхъ, то аргументы первыхъ насъ ставятъ въ нѣсколько затруднительное положеніе. *Очень* ужъ различны были эти аргументы въ *различное* время, да и въ настоящее время они весьма разнообразны! Да иначе и быть не можетъ, когда люди приводятъ все, что только можно привести, въ защиту того, что существуетъ, что желательно защитить во что бы то ни стало. Здѣсь можно найти и кое-что такое, что говорится, очевидно, только для того, чтобы импонировать людямъ несвѣдущимъ, а съ другой стороны и нѣчто такое, что приводится съ самыми честными намѣреніями, да и не лишено совсѣмъ и фактической основы. Чтобы получить достаточно поддающійся обзору итогъ затронутыхъ аргу-

---

[1]) *Maupertuis*, Oeuvres. Dresden 1752. Стр. 339.

ментовъ, мы разсмотримъ сначала тѣ, которые связаны съ историческими обстоятельствами, обусловившими введеніе преподаванія филологическихъ наукъ, а затѣмъ тѣ, которые были присоединены потомъ, какъ случайныя новыя открытія.

Какъ это подробно доказываетъ *Паульсенъ* [1]), преподаваніе латинскаго языка было введено римской церковью вмѣстѣ съ христіанствомъ. *Вмѣстѣ* съ латинскимъ языкомъ передавались изъ поколѣнія въ поколѣніе скудные остатки античной науки. Всякій, кто хотѣлъ усвоить *это* образованіе—въ то время единственное, которое достойно было этого названія—долженъ былъ познакомиться съ латинскимъ языкомъ, какъ съ *единственнымъ* и *необходимымъ* для этого средствомъ; чтобы быть образованнымъ человѣкомъ, онъ долженъ былъ знать латинскій языкъ.

Огромное вліяніе римской церкви привело къ различнымъ послѣдствіямъ. Къ послѣдствіямъ, которыя будетъ привѣтствовать всякій, мы безъ возраженій отнесемъ установленіе извѣстнаго *однообразія* между народами, интернаціональныхъ сношеній при посредствѣ латинскаго языка, сношеній, оказавшихъ существенное содѣйствіе совмѣстной работѣ народовъ надъ общей культурной задачей въ теченіе XV—XVIII столѣтій. Такъ въ теченіе долгаго времени латинскій языкъ оставался языкомъ ученыхъ и *преподаваніе этого языка*—путемъ къ общему образованію. Вотъ этотъ аргументъ выставляется его защитниками и въ настоящее время, хотя онъ давно уже потерялъ свое значеніе.

Возможно, что для сословія ученыхъ, взятаго въ цѣломъ, какъ таковаго, неудобно то, что латинскій языкъ пересталъ играть роль общаго интернаціональнаго средства сношеній. Но если скажутъ, что языкъ этотъ непригоденъ уже для этой роли, потому что онъ неспособенъ приспособиться къ тому множеству новыхъ мыслей и понятій, которое народилось въ ходѣ развитія науки, то это воззрѣніе должно быть рѣшительно отвергнуто, какъ *ложное*. Врядъ ли кто-нибудь изъ современныхъ изслѣдователей обогатилъ естествознаніе такимъ множествомъ новыхъ понятій, какъ *Ньютонъ*, а между тѣмъ съумѣлъ же онъ выразить ихъ вполнѣ точно и правильно на латинскомъ языкѣ. Будь то воззрѣніе правильно, можно было бы то же самое сказать и о всякомъ *живомъ* языкѣ: всякій языкъ долженъ приспособиться къ новымъ идеямъ.

---

[1]) *F. Paulsen*, Geschichte des gelehrten Unterrichts. Leipzig. 1885.

Гораздо скорѣе латинскій языкъ былъ вытѣсненъ изъ научной литературы подъ вліяніемъ дворянства, подъ вліяніемъ знатныхъ господъ, ищущихъ вездѣ удобствъ. Стремясь къ тому, чтобы насладиться плодами изящной и научной литературы безъ этого тяжеловѣснаго средства—латинскаго языка, эти господа оказали существенную услугу и народу. Ибо ограниченію знанія научной литературы одной *кастой* наступилъ конецъ и въ этомъ, можетъ быть, заключается *важнѣйшій прогрессъ нашего времени.* Теперь, когда интернаціональныя сношенія, несмотря на множество современныхъ культурныхъ языковъ, не только сохранились, но и усилились, о томъ, чтобы вновь вводить латинскій языкъ, нечего и думать [1]).

Въ какой мѣрѣ и древніе языки способны приспособляться къ новымъ понятіямъ, доказываетъ тотъ фактъ, что огромное большинство нашихъ *научныхъ* понятій, какъ наслѣдіе того времени, когда средствомъ интернаціональныхъ сношеній былъ латинскій языкъ, носитъ латинскія и греческія обозначенія, да и *новыя* понятія получаютъ таковыя. Но если бы кто изъ существованія и употребленія такихъ терминовъ сдѣлалъ бы тотъ выводъ, что и въ настоящее время еще долженъ учиться латинскому и греческому языку *всякій,* кто ихъ употребляетъ, то такой выводъ слѣдовало бы признать слишкомъ *широкимъ.* Всѣ обозначенія, удачны ли они или нѣтъ—а сколько есть въ наукѣ неудачныхъ и даже чудовищныхъ обозначеній!—основаны на соглашеніи. Важно одно: чтобы выбранный знакъ *точно* связывался съ обозначеннымъ представленіемъ. Неважно, можетъ ли человѣкъ указать правильно филологическое происхожденіе словъ: телеграфъ, тангенсъ, эллипсъ и т. д., если только онъ соединяетъ съ каждымъ словомъ соотвѣтствующее понятіе Съ другой стороны, какъ бы онъ ни зналъ происхожденіе

---

1) Какая своеобразная иронія судьбы! Въ то время, какъ Лейбницъ пытался создать *новый* универсальный языкъ. какъ средство сношеній между различными народами, латинскій языкъ, который всего лучше еще удовлетворялъ этой цѣли, все болѣе и болѣе выходилъ изъ употребленія, и именно самъ Лейбницъ не мало этому содѣйствовалъ.

[На научныхъ конгрессахъ, засѣдавшихъ въ Парижѣ въ 1900 г., живо чувствовалась потребность въ средствѣ интернаціональныхъ сношеній, что и привело къ образованію коммиссіи подъ названіемъ „Délégation pour l'Adoption d'une langue auxiliaire internationale“ („Коммиссія для созданія интернаціональнаго вспомогательнаго языка“), которая надѣется рѣшить эту задачу. См. *L. Couturat,* „über die internationale Hilfssprache“ въ *Ostwalds* Annalen der Naturphilosophie. Bd. I, 1902].

этихъ словъ, это не приноситъ никакой пользы, если онъ съ этимъ не соединяетъ правильнаго представленія. Дайте среднему филологу перевести нѣсколько строкъ изъ «Принциповъ» *Ньютона* или изъ «Horologium» *Гюйгенса* и вы сейчасъ же убѣдитесь, какую *второстепенную* роль играетъ въ этихъ вещахъ одно знаніе языка. Всякое названіе остается пустымъ звукомъ безъ соотвѣтствующей ему мысли. Мода употреблять латинскіе и греческіе термины—ибо иначе, чѣмъ модой, это называть нельзя—имѣетъ свое естественное *историческое* основаніе, и она не можетъ исчезнуть внезапно, но въ значительной степени уже стала убывать. Термины: газъ, омъ, амперъ, вольтъ и т. д. тоже интернаціональны, но уже не заимствованы изъ латинскаго или греческаго языка. Защищать на этомъ основаніи необходимость изученія этихъ языковъ—съ затратой еще къ тому же 8-10 лѣтъ—можетъ только тотъ, кому случайная оболочка, не имѣющая никакого значенія, важнѣе существа дѣла. Развѣ о такихъ вещахъ нельзя справиться въ теченіе нѣскольких секундъ въ какомъ-нибудь словарѣ? [1]).

Современная наша культура развилась изъ культуры *древней*. Соприкасается она съ ней даже во многихъ мѣстахъ, много столѣтій тому назадъ остатки древней культуры составляли даже вообще *единственную*, существовавшую въ Европѣ культуру. — Во всемъ этомъ нѣтъ ни малѣйшаго сомнѣнія. *Тогда*, разумѣется, филологическое образованіе было *общимъ* образованіемъ, *высшимъ* образованіемъ, *идеальнымъ* образованіемъ, ибо оно было *единственнымъ* образованіемъ. Но если и въ настоящее время провоз-

---

[1]) Вообще люди много грѣшатъ тѣмъ, что слишкомъ обременяютъ мозгъ человѣческій вещами, которыя гораздо цѣлесообразнѣе и лучше было бы сохранять въ книгахъ, гдѣ ихъ можно было бы во всякое время найти.—Господинъ Гартвихъ, судья изъ Дюссельдорфа, писалъ мнѣ недавно: „Есть множество словъ, которыя остались еще совершенно латинскими или греческими и которыя тѣмъ не менѣе съ полнымъ пониманіемъ употребляются людьми вообще весьма образованными, но съ древними языками случайно незнакомыми; таково, напримѣръ, слово „династія"... „Слова эти входятъ въ составъ „*запаса словъ*" родного *языка* такъ, какъ слова „отецъ, мать, хлѣбъ, молоко". Развѣ обыкновенный смертный знаетъ этимологію *этихъ словъ?* Развѣ не потребовалась почти невѣроятная работа братьевъ *Гриммъ*, чтобы бросить хоть нѣкоторый свѣтъ на развитіе нѣмецкаго языка?—И развѣ огромное множество людей, получившихъ, такъ называемое, *гуманитарное образованіе*, не пользуется каждый моментъ кучей иностранныхъ словъ, происхожденіе которыхъ имъ неизвѣстно? Только немногіе даютъ себѣ трудъ заглянуть въ словарь иностранныхъ словъ, хотя они любятъ утверждать, что нужно изучать древніе языки „хотя бы ради этимологіи".

глашается то же самое, то это—претензія неосновательная, которая должна быть рѣшительно отвергнута. Вѣдь. наша культура съ теченіемъ времени постепенно стала совершенно самостоятельной; она значительно возвысилась надъ античной, да и вообще приняла совершенно *новое* направленіе. Центръ тяжести ея лежитъ въ математически-естественно-научныхъ объясненіяхъ, проникающихъ не только въ технику, но постепенно и во *всѣ* области, не исключая философскихъ и историческихъ, соціологическихъ и филологическихъ наукъ. Всѣ слѣды античныхъ воззрѣній, которые можно найти еще въ философіи, въ правѣ, въ искусствѣ и въ наукѣ, дѣйствуютъ скорѣе тормозящимъ образомъ на ихъ развитіе и въ концѣ концовъ имъ не устоять передъ развитіемъ собственныхъ нашихъ воззрѣній.

Итакъ, врядъ ли это умѣстно, когда филологъ все еще считаетъ *себя* наиболѣе образованнымъ, когда онъ объявляетъ не образованнымъ всякаго, кто не понимаетъ латыни и греческаго, когда онъ жалуется, будто съ такимъ человѣкомъ никакой бесѣды вести нельзя и т. д. Разсказываютъ самыя забавныя исторіи въ доказательство недостаточнаго образованія нѣкоторыхъ естествоиспытателей и техниковъ. Разсказываютъ, напримѣръ, что одинъ видный естествоиспытатель объявилъ Collegium publicum съ отмѣткой «frustra», что одинъ инженеръ, собирая насѣкомыхъ, говорилъ, что онъ занимается «этимологіей». Вѣрно, что подобнаго рода случаи могутъ вызвать въ насъ, смотря по настроенію или по самой природѣ своей, родъ гусиной кожи или сильное возбужденіе мышцъ смѣха. Но въ ближайшій же моментъ мы должны же себѣ сказать, что мы поддались только ребяческому предразсудку. Скорѣе отсутствіе такта, чѣмъ отсутствіе образованія, обнаруживаютъ тѣ, кто употребляетъ такія, мало понятыя, обозначенія. Человѣкъ правдивый признаетъ, что существуютъ такія области, относительно которыхъ *ему* лучше *молчать*. Не будемъ такъ злы, чтобы отплачивать тѣмъ же, но мы могли бы поставить слѣдующій вопросъ: какое впечатлѣніе производятъ филологи на естествоиспытателей или инженеровъ, когда заходитъ рѣчь о естествознаніи? Нельзя ли и объ этомъ разсказать нѣкоторыя, весьма веселыя исторіи и къ тому же гораздо болѣе серьезнаго значенія, не хуже тѣхъ, которыя были приведены выше?

Впрочемъ, эти суровыя отношенія другъ къ другу могутъ служить лишь доказательствомъ, какъ мало еще распространено *дѣйствительное общее* образованіе. Въ этомъ отношеніи въ людяхъ

проявляется лишь ограниченная средневѣковая спѣсь, для которой человѣкъ начинается лишь съ ученаго, съ солдата или съ барона, смотря по положенію того, кто произноситъ сужденіе. Да, нужно сознаться, что человѣкъ, который такъ судитъ, обнаруживаетъ мало пониманія *всей* задачи человѣчества, необходимости взаимопомощи въ культурной работѣ, у него весьма ограниченный кругозоръ, у него мало общаго образованія!

Знаніе латинскаго (и отчасти также и греческаго) языка остается потребностью людей, занимающихся профессіями, болѣе тѣсно соприкасающимися еще съ античной культурой, каковы юристы, теологи, филологи и историки. Необходимо оно также вообще тому небольшому кругу лицъ, которыя хотятъ черпать изъ латинской литературы прошлыхъ столѣтій [1]). Къ такимъ лицамъ я могъ бы нѣкоторое время относить и себя. Но можно ли отсюда сдѣлать тотъ выводъ, что вслѣдствіе этого *все* наше юношество, стремящееся къ высшему образованію, должно въ столь *чрезмѣрной* мѣрѣ заниматься латынью и греческимъ языкомъ, что будущіе медики и естествоиспытатели изъ-за этого должны приходить въ университетъ съ *недостаточнымъ* образованіемъ или даже съ головой, набитой совершенно ненужными ему вещами, что они должны приниматься въ университетъ только изъ той школы, которая *не* можетъ дать имъ необходимой имъ подготовки?

Послѣ того, какъ обстоятельства, придававшія столь высокое значеніе изученію латинскаго и греческаго языковъ, давно потеряли всякое значеніе, традиціонное преподаваніе, естественно, сохранялось. Естественно также, если кое-какія послѣдствія этого преподаванія, хорошія и дурныя, о которыхъ никто не думалъ, когда это преподаваніе вводилось, оказались на лицо и были замѣчены. Въ такой же мѣрѣ естественно, если люди, сильно заинтересованные въ сохраненіи этого преподаванія—потому ли, что они только его и знаютъ, или потому, что оно даетъ имъ пропитаніе, или по другой какой либо причинѣ—выдвигаютъ именно *хорошія* стороны этого преподаванія. Они рисуютъ дѣло *такъ*, будто эти хорошія

[1]) Не будучи юристомъ, я не позволилъ бы себѣ сказать, что изученіе греческаго языка для юриста вешь ненужная; но въ дебатахъ, послѣдовавшихъ за моимъ докладомъ, этотъ взглядъ защищался людьми весьма компетентными. Такимъ образомъ, подготовка, полученная въ (нѣмецкой) реальной гимназіи, достаточна *и для начинающаго юриста* и недостаточна только для теолога и филолога.

послѣдствія заранѣе намѣчались и будто они могутъ быть достигнуты *только* этимъ путемъ.

Преподаваніе древнихъ языковъ при хорошей постановкѣ его *могло бы* дать одно *дѣйствительное* преимущество: оно могло бы открыть юношеству богатую сокровищницу античной литературы, познакомить его съ міровоззрѣніемъ двухъ народовъ древности съ высоко развитой культурой. Кто читалъ греческихъ и римскихъ авторовъ и *понялъ* ихъ, тотъ *больше* пережилъ, чѣмъ тотъ, кто ограниченъ впечатлѣніями нашего времени. Онъ узналъ, какъ люди при другихъ условіяхъ судили о тѣхъ же вещахъ *совершенно иначе,* чѣмъ судимъ мы въ настоящее время. Его собственныя сужденія стали, поэтому, *болѣе свободными.* Да, греческіе и римскіе авторы представляютъ, дѣйствительно, богатый источникъ поученія и наслажденія, освѣжающій послѣ повседневной работы, и отдѣльный человѣкъ, какъ и весь европейскій міръ, будутъ всегда преисполнены благодарности къ нимъ. Кто изъ насъ не будетъ охотно вспоминать блужданія Одиссея, кто не будетъ охотно прислушиваться къ наивному повѣствованію Геродота? Кто будетъ раскаиваться, прочтя діалоги Платона или насладившись божественнымъ юморомъ Лукіана? Кто не хотѣлъ бы бросить взглядъ на античную частную жизнь, просвѣчивающую сквозь письма Цицерона, въ сочиненіяхъ Плавта и Теренція? Кто забудетъ описанія Светонія? Да и кто вообще отказался бы отъ знанія, разъ уже пріобрѣтеннаго?

Но кто черпаетъ только изъ *этихъ* источниковъ, кто знаетъ только *это* образованіе, не имѣетъ *никакого* права судить о цѣнности *другого.* Какъ предметъ изученія для того или другого отдѣльнаго человѣка, эта литература представляетъ чрезвычайно большую цѣнность, но представляетъ ли она чуть ли не единственное средство для просвѣщенія юношества, — вопросъ совсѣмъ *другой.*

Развѣ нѣтъ и другихъ еще народовъ, другихъ литературъ, у которыхъ мы могли-бы кое-чему научиться? Развѣ не лучшая наша учительница сама природа? Неужто-же греки съ ихъ ограниченнымъ кругозоромъ мелкихъ городовъ, дѣлящимъ все и вся на грековъ и варваровъ, съ ихъ суевѣріями, съ ихъ вѣчными вопросами оракулу, должны навсегда оставаться высшимъ нашимъ образцомъ? Неужто-же нѣтъ ничего лучшаго, чѣмъ Аристотель съ его неспособностью учиться у фактовъ, съ его наукой словъ, или Платонъ

съ его тяжеловѣснымъ тягучимъ діалогомъ, съ его безплодной, часто ребяческой діалектикой? [1]).

А римляне съ ихъ многословіемъ, блестящей показной внѣшностью и отсутствіемъ чувства, съ ихъ ограниченной филистерской философіей, съ ихъ бурной чувственностью, съ ихъ жестокимъ сладострастіемъ, выливавшемся въ мучительство людей и животныхъ, съ ихъ безпощадной эксплуатаціей людей,—неужели они—образцы, достойные подражанія? Или, можетъ быть, нашему естествознанію обращаться за поученіемъ къ Плинію, который цитируетъ повивальныхъ бабокъ, какъ людей компетентныхъ и свѣдущихъ, и самъ стоитъ на ихъ точкѣ зрѣнія?

И даетъ-ли преподаваніе древнихъ языковъ дѣйствительное знакомство съ античнымъ міромъ? Будь оно такъ, съ нимъ можно было-бы еще примириться. Но, вѣдь, нашему юношеству даютъ только *слова* и *формы*, формы и слова. И все, что дается еще рядомъ съ этимъ, гибнетъ жертвой все того-же безнадежнаго метода, превращаясь въ науку изъ словъ, лишенныхъ всякаго содержанія и обременяющихъ память.

Дѣйствительно, мы какъ-бы отодвинуты на цѣлое тысячелѣтіе назадъ, въ мрачную монастырскую келью средневѣковья! Дальше такъ продолжаться не можетъ! Для того, чтобы познакомиться съ воззрѣніями грековъ и римлянъ, вовсе не нужно въ теченіе 8—10 лѣтъ притуплять умъ всевозможными склоненіями, спряженіями разборомъ и, такъ называемыми, письменными отвѣтами, а для этого есть путь болѣе *короткій*. Есть уже и въ настоящее время достаточно образованныхъ людей, которые при помощи хорошихъ переводовъ получили гораздо болѣе живое, болѣе ясное и широкое представленіе о классической древности, чѣмъ молодые люди, окончившіе курсъ гимназіи [2]).

[1]) Выдвигая здѣсь *плохія стороны* сочиненій Платона и Аристотеля, которыя бросились мнѣ въ глаза при чтеніи ихъ преимущественно въ *нѣмецкомъ* переводѣ—ибо по гречески я не читаю уже достаточно бѣгло—я этимъ не думаю, разумѣется, принизить великія заслуги и все высокое *историческое* значеніе ихъ. Правда, не слѣдуетъ брать въ качествѣ мѣрила этого значенія то обстоятельство, что наша спекулятивная философія въ значительной своей части не освободилась еще отъ вліянія самого хода идей этихъ авторовъ. Можетъ быть, этимъ скорѣе объясняется то, что эта область въ теченіе тѣсячелѣтій сдѣлала весьма *слабые успѣхи*. Находилось-же и *естествознаніе* въ теченіе столѣтій подъ вліяніемъ идей Аристотеля и обязано-же оно своимъ возрожденіемъ въ значительной степени тому, что оно сбросило, наконецъ, эти оковы.

[2]) Я вовсе не хочу утверждать того, что вполнѣ *одно и то-же* усваи-

Для современной эпохи жизнь грековъ и римлянъ есть въ такой-же мѣрѣ объектъ изученія археологіи и исторіи, какъ и многіе другіе. Если будутъ съ ней знакомить юношество въ свѣжей и наглядной формѣ, а не въ формѣ словъ и слоговъ, то плоды скажутся. Совсѣмъ иное наслажденіе получаешь отъ знакомства съ греками, когда приступаешь къ изученію ихъ послѣ ознакомленія съ современной исторіей культуры. Совсѣмъ иначе читаешь ту или другую главу у Геродота, когда приступаешь къ чтенію, знакомый съ естествознаніемъ, съ эпохой каменнаго періода и свайныхъ построекъ. То, что даетъ юношеству, *какъ она утверждаетъ*, филологія, въ гораздо болѣе полной мѣрѣ *дѣйствительно дастъ* хорошая постановка преподаванія *исторіи*. Само собою разумѣется, что для этого она не должна быть обременена именами и числами, должна быть не исторіей войнъ и династій, окрашенной въ тотъ или другой патріотическій или религіозный цвѣтъ, а истинной *исторіей культуры*.

Очень широко распространенъ еще такой взглядъ, что всякое «*высшее идеальное* образованіе», всякое расширеніе міросозерцанія можетъ быть достигнуто только изученіемъ филологическихъ, да развѣ еще и историческихъ наукъ, а математикой и естественными науками не слѣдуетъ пренебрегать въ виду *полезности* ихъ. Я *никакъ не* могу согласиться съ этимъ взглядомъ. Да и было бы удивительно, если бы изъ немногихъ старыхъ черепковъ, разбитыхъ горшковъ, камней и листовъ пергамента съ надписями—которые, вѣдь, тоже представляютъ собой ничто иное, какъ кусочекъ природы,—человѣкъ могъ *большему* научиться, могъ заимствовать больше духовной пищи, чѣмъ изъ остальной природы. Правда, человѣка интересуетъ прежде всего человѣкъ, но, вѣдь, не онъ *одинъ только*.

Когда мы перестаемъ видѣть въ человѣкѣ центръ мірозданія, когда мы представляемъ себѣ землю въ видѣ волчка, вращающагося вокругъ солнца, когда мы на разстояніи неподвижныхъ звѣздъ находимъ тѣ-же вещества, что и на землѣ, когда мы во всей природѣ констатируемъ одни и тѣ-же процессы, обнимающіе жизнь человѣческую въ качествѣ одной свой, ничтожно малой, однородной

вается изъ греческаго автора, если читать его въ оригиналѣ или переводѣ. Но если въ первомъ случаѣ и усваивается больше, то, на мой взглядъ, да и на взглядъ большинства людей, не желающихъ стать спеціалистами—филологами, затрата времени въ восемь лѣтъ слишкомъ дорогая за это плата.

части, то развѣ это не расширяетъ нашего кругозора, не дѣйствуетъ на насъ возвышающимъ образомъ, развѣ это не поэзія? Можетъ быть, здѣсь найдется нѣчто болѣе высокое, болѣе возвышенное, чѣмъ въ ревѣ раненнаго Арея, въ прелестномъ островѣ Калипсо, въ океанѣ, омывающемъ землю. О сравнительной цѣнности той и другой области идей, той и другой поэзіи можетъ говорить только тотъ, кто съ *обѣими* знакомъ!

«*Польза*» естествознанія представляетъ собой до извѣстной степени лишь *побочный продуктъ* того духовнаго возрожденія, которое привело къ его развитію. Тѣмъ не менѣе не долженъ отнестись и къ ней съ пренебреженіемъ тотъ, кто благосклонно мирится съ воплощеніемъ міра восточныхъ сказокъ въ живую дѣйствительность современной нашей техникой, и всего менѣе тотъ, кому эти сокровища достаются помимо всякихъ усилій съ его стороны, когда онъ даже не понимаетъ, откуда сіе, какъ будто бы все это явилось изъ области «четвертаго измѣренія».

Невѣрно и то, будто бы естествознаніе приноситъ пользу только технику. Вліяніе его проникаетъ во *всѣ* условія *нашей* жизни, а потому и его воззрѣнія оказываютъ свое вліяніе *повсюду*. Въ какой мѣрѣ различны были бы сужденія юриста, государственнаго дѣятеля, политико-эконома, если бы они живо представили себѣ, напримѣръ, что одна квадратная миля самой плодородной земли съ поглощенной въ теченіе года солнечной энергіей въ состояніи прокормить только вполнѣ опредѣленное, ограниченное число людей, котораго никакое искусство, никакая наука увеличить больше не можетъ. Стоитъ ему это понять, чтобы передъ силой этого факта не устояла даже кое-какая политико-экономическая теорія, прокладывающая, опираясь на воздушныхъ понятіяхъ новые пути, само собою разумѣется, тоже только воздушные.

Восторженные поклонники филологичеекаго преподаванія очень охотно говорятъ о томъ, что изученіемъ античныхъ образцовъ достигается *развитіе вкуса*. Долженъ откровенно сознаться: меня вомущаетъ этотъ аргументъ. Итакъ, чтобы развить свой *вкусъ*, юношество должно пожертвовать десятью годами своей жизни! Итакъ, ради того, что представляетъ собой дѣло роскоши, жертвовать самымъ необходимымъ! Неужто же будущему поколѣнію передъ лицомъ трудныхъ проблемъ, передъ лицомъ соціальныхъ вопросовъ, которые ему придется рѣшать и къ рѣшенію которыхъ

его нужно подготовить, укрѣпивъ его умъ и сердце, ничего болѣе важнаго и дѣлать не остается?

Но разсмотримъ и самую *задачу* по существу! Развивается ли вкусъ по какимъ либо рецептамъ? Остается ли идеалъ красоты постояннымъ? Не чудовищное ли заблужденіе искусственно развивать въ себѣ восторгъ передъ вещами, которыя при всемъ историческомъ интересѣ, при всей красотѣ въ отдѣльныхъ вещахъ, все же остаются столь чуждыми всему остальному нашему міро— и жизнепониманію, если у насъ вообще есть таковое *собственное*, не надуманное? Настоящая нація имѣетъ *собственный* свой вкусъ, а не заимствуетъ его у *другихъ*. И каждый отдѣльный человѣкъ, человѣкъ, представляющій самостоятельную индивидуальность, имѣетъ *собственный* свой вкусъ. [1]).

И къ чему сводится все дѣло при этомъ развитіи вкуса? Къ усвоенію *личнаго* стиля нѣсколькихъ авторовъ! Но что сказали бы мы о народѣ, который по истеченіи, скажемъ, тысячи лѣтъ заставлялъ бы свое юношество многолѣтнимъ упражненіемъ усваивать сжатый или тяжеловѣсный стиль какого-нибудь ловкаго адвоката или парламентскаго дѣятеля настоящаго времени? Развѣ мы не говорили бы о немъ, и съ полнымъ основаніемъ, что онъ лишенъ вкуса?

И скверные плоды этого мнимаго развитія вкуса даютъ о себѣ знать довольно часто. Когда молодой ученый пишетъ научную работу и смотритъ на это дѣло, какъ на кунстштюкъ адвоката вмѣсто того, чтобы просто и откровенно излагать факты, истину, то онъ, самъ того не сознавая, сидитъ еще на школьной скамьѣ и весь проникнутъ точкой зрѣнія *Рима*, который смотрѣлъ на разработку *рѣчей*, какъ на *научное* (!) занятіе.

---

1) „Стремленіе, пишетъ судья *Гартвихъ*, изобразить „вкусъ“ древнихъ „возвышеннымъ“ и „наилучшимъ“ объясняется въ значительной мѣрѣ, мнѣ кажется, тѣмъ обстоятельствомъ, что древніе дѣйствительно несравнимы въ изображеніи голаго тѣла: во-первыхъ, они своимъ постояннымъ уходомъ за человѣческимъ тѣломъ создали *прекрасныя модели*, а, во-вторыхъ, они эти модели имѣли *всегда предъ глазами* въ своихъ „гимназіяхъ“ и на торжественныхъ играхъ. Не удивительно, поэтому, если статуи ихъ и въ настоящее время вызываютъ еще наше изумленіе: вѣдь, форма, *идеалъ* человѣческаго *тѣла* въ теченіе столѣтій не измѣнился. Совсѣмъ другое дѣло—идеалы *духовные*; они измѣняются отъ столѣтія къ столѣтію и даже отъ одного десятилѣтія къ другому! Вполнѣ, поэтому, естественно, если *самое наглядное*, именно произведенія скульптуры, безсознательно берутъ въ качествѣ общаго масштаба *высоко развитаго* вкуса древнихъ. Отъ этого ошибочнаго умозаключенія слѣдуетъ, по моему мнѣнію, весьма и весьма предостерегать“.

Мы вовсе не желаемъ слишкомъ низко оцѣнивать то развитіе чутья и то *лучшее пониманіе родного языка*, которое достигается изученіемъ другихъ языковъ. Когда вы занимаетесь чужимъ языкомъ, и въ особенности такимъ, который сильно отличается отъ родного, вы начинаете отдѣлять знаки и формы языка отъ обозначаемыхъ ими мыслей. Слова различныхъ языковъ, всего болѣе соотвѣтствующія другъ другу, не совпадаютъ вполнѣ *точно* съ тѣми же представленіями, а обозначаютъ нѣсколько различныя стороны одного и того же дѣла, и на это именно изученіе языковъ обращаетъ ваше вниманіе. Но отсюда далеко еще не слѣдуетъ, что самымъ плодотворнымъ и естественнымъ и даже *единственнымъ* средствомъ для этого является изученіе латинскаго и греческаго языковъ. Возьмите въ руки китайскую грамматику, попытайтесь выяснить себѣ языкъ и мышленіе народа, который не доходитъ до анализа звуковъ, а ограничивается анализомъ слоговъ, и которому наше письмо буквами представляется, поэтому, удивительнѣйшей загадкой, который при помощи немногихъ слоговъ, измѣнивъ только удареніе и положеніе ихъ, выражаетъ всѣ свои богатыя и глубокія мысли, и предъ вами, можетъ быть, освѣтится и другимъ свѣтомъ отношеніе между *рѣчью* и *мышленіемъ*. Но слѣдуетъ ли изъ этого, что наше юношество должно на этомъ основаніи изучать *китайскій* языкъ? Совсѣмъ нѣтъ! Но и латинскимъ его не слѣдуетъ обременять, по крайней мѣрѣ, въ такой мѣрѣ, въ какой это дѣлается!

Очень хорошо передать какую-нибудь мысль, выраженную на латинскомъ языкѣ, возможно ближе по смыслу и по духу рѣчи на родномъ языкѣ; но это хорошо, когда рѣчь идетъ о... *переводчикѣ*. Мы и будемъ за это весьма благодарны переводчику, но требовать того же отъ *всякаго образованнаго* человѣка, не взирая на всѣ жертвы временемъ и трудомъ, *не разумно*. Именно, поэтому, также—и это признаютъ сами педагоги—эта цѣль и не достигается вполнѣ, а если и достигается, то только отдѣльными учениками, при особыхъ задаткахъ къ этому и долголѣтнемъ упражненіи. Итакъ, мы вовсе не отрицаемъ всей важности изученія древнихъ языковъ для *спеціалистовъ*, но при всемъ томъ мы полагаемъ, что *пониманіе языка*, необходимое для образованія, *можетъ* и *должно* быть достигнуто другимъ путемъ. Неужто мы такъ и пропали бы, если бы до насъ *вовсе* не жили греки?

Мы должны со своими требованіями пойти даже нѣсколько дальше, чѣмъ сторонники классической филологіи. Мы должны же-

лать, чтобы образованный человѣкъ усвоилъ себѣ болѣе или менѣе соотвѣтствующее наукѣ представленіе о сущности и цѣнности языка, о развитіи его, объ измѣненіи значенія корней, о превращеніи постоянныхъ формъ выраженія въ формы грамматическія, однимъ словомъ, чтобы онъ познакомился съ весьма поучительными результатами современнаго сравнительнаго языкознанія Но этого можно достичь, слѣдуетъ думать, глубокимъ изученіемъ родного языка и другихъ, наиболѣе родственныхъ ему языковъ и затѣмъ болѣе древнихъ языковъ, изъ которыхъ тѣ развились. Мнѣ, можетъ быть, возразятъ, что это слишкомъ трудно и заводитъ слишкомъ далеко. Но кто сказалъ бы это, тому я посовѣтовалъ бы положить передъ собой рядомъ библію на нѣмецкомъ, голландскомъ, датскомъ и шведскомъ языкахъ и сравнить лишь нѣсколько строкъ: онъ будетъ пораженъ поучительностью этого сравненія [1]). Я даже того мнѣнія, что *только* этимъ путемъ преподаваніе языковъ можетъ стать дѣйствительно полезнымъ, плодотворнымъ, разумнымъ и поучительнымъ дѣломъ. Можетъ быть, кое-кто изъ моихъ слушателей вспомнитъ изъ дней своей ранней юности о томъ согрѣвающемъ дѣйствіи, напоминающемъ дѣйствіе солнечнаго луча въ пасмурный день, которое вносили въ безплодную и безсмысленную зубристику словъ скудныя и скромныя замѣчанія изъ теоріи сравнительнаго языкознанія, содержавшіяся въ греческой грамматикѣ Курціуса.

[Во избѣжаніе всякихъ недоразумѣній, я долженъ еще разъ указать на то, что рѣчь моя направлена *не* противъ *науки-филологіи*, а только противъ педагогики и дидактики гимназій. Раскрытіе іероглифовъ Rosette'омъ и клиновиднаго письма Behistun'омъ, я считаю столь же великимъ духовныхъ дѣломъ, какъ какое-нибудь важное естественно-научное открытіе. Но всѣ эти дѣла стали вообще возможны лишь вслѣдствіе воспитанія въ школѣ класси-

---

[1]) (Нѣмецкій текстъ) Im Anfang schuf Gott Himmel und Erde. Und die Erde war wüste und leer, und es war finster auf der Tiefe, und der Geist Gottes schwebte auf dem Wasser. [Въ началѣ сотворилъ Богъ и небо, и землю. Земля же была безвидна и пуста, и тьма надъ бездной; и Духъ Божій носился надъ водой. (Изъ. синод. тип.).]—(Голландскій текстъ) In het begin schiep God den hemel en de aarde. De aarde nu was woest en ledig, en duisternis was op den afgrond; en de Geest Gods zwefde op de wateren.—(Датскій текстъ) I Begyndelsen skabte Gud Himmelen og Jorden Og Jorden war ode og tom, og der war morkt ovenover Afgrunden, og Guds Aand svoevede ovenover Vandene.—(Шведскій текстъ) I begynnelsen skapade Gud Himmel och Jord. Och Jorden war öde och tom, och mörker war pa djupet, och Guds Ande swäfde öfwer wattnet.

ческой филологіи, не говоря уже о томъ, что развитое тамъ искусство разбирать гіероглифы, искусство читать между строкъ и по самымъ слабымъ намекамъ судить о психическомъ состояніи автора ихъ тоже сыграли свою немаловажную роль.—1895].

Самый существенный успѣхъ, дѣйствительно достигаемый еще при современномъ способѣ изученія древнихъ языковъ, связанъ съ изученіемъ ихъ сложной грамматики. Состоитъ онъ въ томъ, что, упражняясь въ подведеніи частныхъ случаевъ подъ общія правила и въ различеніи случаевъ различныхъ, человѣкъ развиваетъ свое вниманіе и упражняетъ свою способность сужденія. Само собою разумѣется, что тотъ же результатъ можетъ быть достигнутъ и кое-какимъ другимъ путемъ, хотя бы, напримѣръ, при помощи сложной игры въ карты. *Всякая* наука, и, слѣдовательно, и математика и естествознаніе *не меньше, если не больше*, содѣйствуетъ развитію способности сужденія. Прибавьте сюда еще то, что само содержаніе этихъ наукъ представляетъ для юношества гораздо болѣе *высокій интересъ*, такъ что вниманіе само по себѣ приковывается къ нему, и что эти же науки полезны и поучительны и въ другихъ еще направленіяхъ, въ которыхъ грамматика ничего дать не можетъ. Съ точки зрѣнія научнаго изслѣдователя языка можетъ быть и весьма интересно, слѣдуетъ ли въ родительномъ падежѣ множественнаго числа говорить «hominum» или «hominorum», но для всѣхъ остальныхъ людей развѣ это не вполнѣ безразлично? И кто станетъ отрицать, что *потребность въ причинной связи* пробуждается не *грамматикой*, а естественными науками?

Итакъ, мы совершенно не отрицаемъ того благотворнаго дѣйствія, которое оказываетъ на развитіе способности сужденія *также* и изученіе латинской и греческой грамматики. Поскольку изученіе слова *самого по себѣ* особенно содѣйствуетъ ясности и точности выраженія, поскольку также латинскій и греческій языкъ не потеряли еще своего значенія для нѣкоторыхъ профессій, постолько мы охотно отводимъ этимъ предметамъ преподаванія мѣсто въ школѣ. Но мы желаемъ уже и теперь значительно ограничить удѣляемое имъ *не по заслугамъ* время, которое они безъ всякаго основанія отнимаютъ у другихъ дисциплинъ, болѣе плодотворныхъ. Но латинскій и греческій языкъ *не* сохранятся надолго въ качествѣ *общаго* образовательнаго средства—таково наше глубокое убѣжденіе! Они постепенно уйдутъ въ кабинетъ ученаго, спеціалиста-филолога, уступивъ свое мѣсто *современнымъ* живымъ языкамъ и современной *наукѣ* о языкѣ.

Уже *Локкъ* старался умѣрить преувеличенныя представленія о тѣсной связи между мышленіемъ и рѣчью, между логикой и грамматикой, а новѣйшіе изслѣдователи еще болѣе обосновали этотъ взглядъ его. Въ какой мѣрѣ ничтожна связь между сложной грамматикой и тонкостью мыслей, доказываютъ итальянцы и французы, которые, почти совершенно отбросивъ излишества грамматики римлянъ, тѣмъ не менѣе вовсе не уступаютъ этимъ послѣднимъ въ тонкости мыслей! А кто станетъ отрицать, что поэтическая и въ особенности научная литература ихъ не уступитъ римской?

Обозрѣвая еще разъ аргументы, приводимые въ пользу преподаванія древнихъ языковъ, мы должны сказать, что большая часть ихъ вообще потеряла всякое значеніе. Поскольку же цѣли, которыя могло бы преслѣдовать это преподаваніе, сохранили еще свое значеніе, онѣ представляются намъ слишкомъ *ограниченными*, и столь-же односторонними и ограниченными намъ кажутся и средства, которыя для этого употребляются. Почти *единственнымъ*, неоспоримымъ плодомъ этого преподаванія мы должны признать развитіе способности точно выражать свои мысли. Человѣкъ, злой на языкъ, сказалъ бы, что наши гимназіи воспитываютъ взрослыхъ людей, которые умѣютъ говорить и писать, но, къ сожалѣнію, не знаютъ, о чемъ говорить или писать. О свободномъ, широкомъ кругозорѣ, о прославленномъ *общемъ* образованіи, которое даетъ будто бы это преподаваніе, врядъ ли приходится говорить серьезно. Правильнѣе, можетъ быть, будетъ назвать это образованіе *одностороннимъ* или *ограниченнымъ*.

Когда у насъ шла рѣчь о преподаваніи древнихъ языковъ, намъ приходилось уже мимоходомъ касаться математики и естествознанія. Теперь же мы займемся вопросомъ, не могутъ ли эти науки, какъ предметы преподаванія, дать нѣчто такое, чего никоимъ инымъ путемъ достичь невозможно. Прежде всего я врядъ ли встрѣчу противорѣчіе, если скажу, что безъ элементарнаго, по крайней мѣрѣ, математическаго и естественно-научнаго образованія человѣкъ остается чужимъ въ мірѣ, въ которомъ онъ живетъ, чужимъ культурѣ своего времени. Все, что онъ встрѣчаетъ въ природѣ или въ техникѣ, или остается совершенно невоспринятымъ имъ, потому что у него нѣтъ для этого ни ушей, ни глазъ,

или остается непонятнымъ, какъ нѣчто сказанное на чужомъ ему языкѣ.

Но не одно только *существенное* пониманіе міра и культуры есть результатъ изученія математики и естественныхъ наукъ. Гораздо важнѣе, разъ идетъ рѣчь о школѣ подготовительной, *формальное* образованіе, которое даютъ эти предметы преподаванія, укрѣпленіе *ума* и *способности сужденія*, упражненіе въ *созерцаніи* природы. Математика, физика, химія *и*, такъ называемыя, описательныя естественныя науки въ этомъ отношеніи такъ *сходны между собой*, что если не считать нѣкоторыхъ отдѣльныхъ пунктовъ, намъ вовсе нѣтъ надобности разсматривать ихъ отдѣльно.

Послѣдовательность и *непрерывность* представленій, столь необходимыя для плодотворнаго мышленія, развиваются преимущественно изученіемъ *математики*, а способность слѣдовать представленіями за фактами, т. е. *наблюдать* или накоплять опытъ— преимущественно изученіемъ *естественныхъ наукъ*. Но замѣчаемъ ли мы, что существуетъ извѣстная связь между сторонами и углами треугольника, что равнобедренный треугольникъ обладаетъ извѣстными свойствами симметріи, наблюдаемъ ли мы отклоненіе магнитной иглы электрическимъ токомъ, раствореніе цинка въ разведенной сѣрной кислотѣ, замѣчаемъ ли мы, что крылья дневной бабочки окрашены въ мало замѣтный цвѣтъ снизу, а переднія части крыльевъ ночной бабочки—сверху,—во всѣхъ этихъ случаяхъ мы исходимъ изъ *наблюденій*, изъ интуитивныхъ познаній. Въ математикѣ область наблюденій нѣсколько меньше и ближе, въ естественныхъ наукахъ она нѣсколько шире и богаче, но труднѣе поддается обзору. Тѣмъ не менѣе мы въ каждой изъ этихъ областей должны прежде всего *учиться наблюдать*. Философскій вопросъ о томъ, представляютъ ли интуитивныя познанія математики познанія *особаго* рода, здѣсь для насъ значенія не имѣетъ. Конечно, можно упражняться въ способности наблюденія и надъ матеріаломъ какого-нибудь языка. Но никто не станетъ отрицать, что *конкретные* живые образы, выступающіе въ только что упомянутыхъ областяхъ, дѣйствуютъ на молодой умъ гораздо болѣе притягательно, чѣмъ *абстрактные* туманные образы, которые даетъ языкъ и къ которымъ вниманіе обращается, безъ сомнѣнія, не столь непроизвольно, а потому и съ меньшимъ успѣхомъ [1]).

[1]) См. превосходныя разсужденія *Герцена* (de l'enseignement secondaire dans la suisse romande. Lausanne 1886).

Послѣ того, какъ мы наблюденіемъ констатировали различныя свойства какого-нибудь геометрическаго или естественнаго образованія, мы во многихъ случаяхъ замѣчаемъ существованіе взаимной *зависимости* между этими свойствами. И вотъ ни въ какой другой области эта зависимость (равенство угловъ у основанія равнобедреннаго треугольника или связь между давленіемъ и движеніемъ) не выступаетъ столь *ясно*, нигдѣ *необходимость* и *постоянство* этой зависимости не замѣтны такъ, какъ въ этихъ областяхъ. Отюда *непрерывность* и *послѣдовательность* представленій, достигаемыя ихъ изученіемъ. Весьма благотворнымъ и поучительнымъ образомъ здѣсь дѣйствуетъ сравнительная *простота* и облегчающая обзоръ *наглядность* геометрическихъ и физическихъ условій. Въ тѣхъ областяхъ, съ которыми знакомитъ изученіе языковъ, подобной простоты не найти. Прямо удивительно, какъ мало почтенія приходится иногда встрѣчать у филолога предъ понятіями *причины* и *слѣдствія* и отношеніемъ между ними. Объясняется это, вѣроятно, тѣмъ, что привычное имъ аналогичное отношеніе между мотивомъ и дѣйствіемъ далеко не представляетъ той поддающейся обзору простоты и опредѣленности, какую мы находимъ въ *первомъ*.

Полный обзоръ всѣхъ возможныхъ случаевъ, вытекающая отсюда *экономическая классификація* и *органическая связь* мыслей, превращающаяся для всякаго, кто разъ испыталъ ее, въ *постоянную* потребность, которую онъ стремится удовлетворить въ каждой новой области,—все это можетъ развиться въ подобной мѣрѣ *только* при относительной простотѣ математическаго и естественно-научнаго матеріала.

Когда какой-нибудь рядъ фактовъ оказывается будто бы въ противорѣчіи съ другимъ рядомъ фактовъ, то возникаетъ *проблема*. Разрѣшеніе этой проблемы заключается обыкновенно только въ *болѣе тонкомъ различеніи*, въ *болѣе полномъ обзорѣ* фактовъ, какъ это доказываетъ, напримѣръ, рѣшеніе *Ньютономъ* проблемы свѣторазсѣянія. Когда *доказывается* или *объясняется* какой-нибудь новый математическій или естественно-научный фактъ, то и здѣсь въ основѣ всего лежитъ только доказательство связи новаго факта съ извѣстнымъ уже. Радіусъ круга, напримѣръ, можетъ быть нанесенъ, какъ извѣстно, шесть разъ на его окружности. Этотъ фактъ объясняется или доказывается разложеніемъ вписаннаго въ кругъ правильнаго шестиугольника на равносторонніе треугольники. Съ удвоеніемъ силы тока, теплота, развивающаяся въ проводникѣ въ секунду,

возрастаетъ вчетверо. Этотъ фактъ мы объясняемъ тѣмъ, что удвоенной силѣ тока соотвѣтствуютъ и двойная разность потенціала и двойное *количество* протекающаго электричества, однимъ словомъ въ четыре раза большая работа. Между *объясненіемъ* и прямымъ *доказательствомъ* нѣтъ существенной разницы.

Кому приходится научно рѣшать какую-нибудь геометрическую, физическую или техническую *задачу*, тотъ легко замѣчаетъ, что *его* методъ сводится къ *методическому исканію въ мысляхъ*, ставшему возможнымъ, благодаря экономическому обзору, къ *упрощенному сознательному* исканію, и тѣмъ совершенно отличается отъ безпорядочныхъ ненаучныхъ *пробъ*. Допустимъ, напримѣръ, что геометру приходится построить кругъ, касающійся двухъ данныхъ прямыхъ. Онъ обозрѣваетъ сейчасъ условія симметріи искомой конструкціи и затѣмъ ищетъ уже центръ круга только на линіи симметріи данныхъ прямыхъ. Кому нужно построить треугольникъ съ *двумя* данными углами и данной суммой сторонъ, тотъ обозрѣваетъ условія, опредѣляющія форму треугольника, и затѣмъ ищетъ только свой треугольникъ среди извѣстнаго ряда треугольниковъ *равной формы*. Такъ при самыхъ различныхъ условіяхъ даетъ себя знать *простота* и *наглядность* математическаго и естественно-научнаго матеріала, пріучая *умъ къ работѣ* и развивая *увѣренность въ себѣ*.

Нѣтъ никакого сомнѣнія, что когда методъ преподаванія станетъ еще болѣе естественнѣе немного, то преподаваніемъ математики и естествознанія удастся достичь еще гораздо большаго, чѣмъ въ настоящее время. Для этого необходимо, чтобы умъ юношества не былъ засоренъ *преждевременной абстракціей*, чтобы оно знакомилось съ матеріаломъ черезъ *созерцаніе* и только потомъ усваивало его умомъ. Цѣлесообразное накопленіе геометрическаго опыта могло бы быть достигнуто, напримѣръ, геометрическимъ черченіемъ и изготовленіемъ моделей. Мало плодотворный методъ Эвклида, пригодный только для ограниченной цѣли, долженъ быть замѣненъ методомъ болѣе свободнымъ и болѣе сознательнымъ, на что указывалъ уже *Ганкель* [1]). При повтореніи же матеріала, когда самъ онъ никакихъ затрудненій болѣе не представляетъ, могутъ быть выдвинуты и выяснены болѣе общія точки зрѣнія, принципы научнаго метода, какъ это превосходно сдѣлано уже *Нагелемъ* [2]),

---

[1]) Geschishte der Mathematik. Leipzig 1874.

[2]) Geometrische Analysis. Ulm. 1886.

I. К. Беккеромъ [1]), *Манномъ* [2]) и др. Точно также и естественно-научный матеріалъ долженъ быть усвоенъ раньше черезъ воззрѣніе и экспериментъ и только потомъ подвергнутъ болѣе глубокой абстрактной переработкѣ. И здѣсь болѣе общія точки зрѣнія должны быть выдвинуты въ концѣ.

Въ *этомъ* кругу мнѣ нѣтъ надобности подробно доказывать, что и математика и естествознаніе могутъ служить элементами общаго образованія, что съ нѣкоторой, правда, неохотой признаютъ уже даже филологи. Здѣсь я могу разсчитывать даже на согласіе, если скажу, что математика и естествознаніе, какъ предметы преподаванія, взятые *въ отдѣльности*, даютъ болѣе *обширное, матеріальное* и *формальное образованіе,* болѣе *современное,* болѣе *общее* образованіе, чѣмъ *одни* филологическіе предметы.

Спрашивается, какъ долженъ быть выработанъ учебный планъ среднихъ школъ примѣнительно къ этому воззрѣнію? Мнѣ кажется несомнѣннымъ, что реальное училище и реальная гимназія, въ которыхъ преподаваніе языковъ не остается въ пренебреженіи, даютъ человѣку *среднему* болѣе цѣлесообразное образованіе, чѣмъ гимназія, но для будущихъ теологовъ и филологовъ, первыя въ настоящее время—плохія подготовительныя школы [3]). Гимназіи слишкомъ односторонни. Здѣсь прежде всего необходимы перемѣны. Чтобы не разбрасываться, займемся здѣсь на нѣкоторое время только ими одними. Можетъ быть, возможна и *одна* цѣлесообразная подготовительная школа, которая удовлетворяла бы всѣ потребности.

Слѣдуетъ ли всѣ учебные часы въ гимназіи, какъ тѣ, которые мы имѣемъ уже въ нашемъ распоряженіи, такъ и тѣ, которые намъ удастся отвоевать еще у филологовъ, заполнить возможно большимъ и возможно болѣе многообразнымъ математическимъ и естественно-научнымъ *матеріаломъ*? Не ждите отъ меня такихъ предложеній. Никто не станетъ этого предлагать, кому по собственному опыту знакомо естественно-научное мышленіе. Мысли

---

[1]) Въ своихъ элементарныхъ учебникахъ математики.

[2]) Abhandlungen aus dem Gebiete der Mathematik. Würzburg 1883.

[3]) Здѣсь у насъ идетъ рѣчь только о *нѣмецкихъ* реальныхъ школахъ и реальныхъ гимназіяхъ. *Австрійскія* реальныя школы, въ которыхъ древніе языки *вовсе не* преподаются, подготовительными школами для юристовъ, теологовъ и т. д., само собою разумѣется, служить не могутъ.

могутъ быть пробуждены и оплодотворены, какъ поле, оплодотворенное дождемъ и лучами солнца. Но нѣтъ возможности *выдавить* и *выдрессировать* мысли скопленіемъ матеріала или увеличеніемъ учебныхъ часовъ, вообще по тѣмъ или другимъ рецептамъ; мысли только *свободно выростаютъ*. Невозможно накоплять мысли въ одной головѣ сверхъ извѣстной мѣры, какъ невозможно усилить сверхъ извѣстной мѣры урожай съ какого-нибудь поля.

Я полагаю, что достаточный для цѣлесообразнаго образованія учебный матеріалъ, который могъ бы быть предложенъ *всѣмъ* воспитанникамъ какой-нибудь подготовительной школы, долженъ быть *весьма скромныхъ* размѣровъ. Имѣй я необходимое вліяніе, я со спокойной совѣстью и въ полномъ убѣжденіи, что я дѣлаю наилучшее, прежде всего значительно уменьшилъ бы въ низшихъ классахъ весь учебный матеріалъ по предметамъ *филологическимъ*, *историческимъ*, *математическимъ* и *естественно-научнымъ*; затѣмъ я значительно *ограничилъ бы* число учебныхъ часовъ, какъ и рабочее время внѣ школы. Я *не* согласенъ съ мнѣніемъ многихъ педагоговъ, будто десятичасоваго рабочаго дня не много для мальчика. Я убѣжденъ, что тѣ зрѣлые мужи, которые столь спокойно это утверждаютъ, *сами* не въ состояніи были бы *изо дня въ день съ успѣхомъ* посвящать свое вниманіе въ теченіе столь большого времени изученію какого-нибудь новаго для нихъ матеріала, элементарной математики или физики, напримѣръ, и я предложилъ бы всякому, кто утверждалъ бы противное, на себѣ самомъ сдѣлать пробу. Ученіе, какъ и преподаваніе, не есть какая-то работа въ канцеляріи, которая можетъ продолжаться *долго* по привычному уже шаблону. Да и такая работа въ концѣ концовъ утомляетъ. Для того, чтобы молодой человѣкъ не переступилъ порога высшей школы съ притупленнымъ, истощеннымъ умомъ, для того, чтобы онъ не *потратилъ* въ подготовительной школѣ своихъ жизненныхъ силъ, которыя онъ долженъ, вѣдь, тамъ *накоплять*, здѣсь необходимы значительныя перемѣны. Если даже оставить въ сторонѣ вредныя послѣдствія для учащихся въ *физическомъ* отношеніи, то уже одни вредныя послѣдствія для *ума* кажутся мнѣ *страшными*.

Я не знаю ничего болѣе страшнаго, чѣмъ тѣ бѣдные люди, которые *слишкомъ много* учились. Вмѣсто достаточно сильнаго здраваго разсудка, который, можетъ быть, развился бы у нихъ, если бы они не учились *ничему*, ихъ мысли опасливо и какъ бы

въ гипнозѣ слѣдуютъ за немногими словами, правилами и формулами, всегда по однимъ и тѣмъ же путямъ. Все, чѣмъ они богаты, есть лишь паутинная ткань изъ мыслей, слишкомъ слабая для того, чтобы она могла служить опорой, но достаточно сложная, чтобы въ ней запутаться.

Но какъ совмѣстить *лучшее* математическое и естественно-научное воспитаніе съ *сокращеніемъ* преподаваемаго матеріала? Это легко достичь, мнѣ кажется, отказомъ отъ *систематическаго преподаванія*, по крайней мѣрѣ, поскольку оно является общимъ для всѣхъ воспитанниковъ. Вовсе нѣтъ необходимости, мнѣ кажется, чтобы средняя школа выпускала маленькихъ филологовъ и *вмѣстѣ съ тѣмъ* также маленькихъ математиковъ, физиковъ и ботаниковъ; я даже не вижу возможности, какъ этого достичь. Въ *стремленіи* къ такому результату, въ которомъ *всякій* требуетъ исключительнаго, сравнительно со всѣми остальными, положенія для *своего* предмета, заключается, по моему мнѣнію, важнѣйшій недостатокъ въ постановкѣ нашего преподаванія. Я былъ бы доволенъ, если бы каждый воспитанникъ *пережилъ бы*, такъ сказать, духовно *пару—другую* математическихъ или естественно-научныхъ открытій и прослѣдилъ бы за развитіемъ дальнѣйшихъ выводовъ изъ нихъ. Преподаваніе могло бы быть здѣсь превосходно и естественно связано съ чтеніемъ избранныхъ произведеній великихъ естественно-научныхъ классиковъ [1]). Немногія, мощныя и ясныя идеи могли бы быть заложены въ головахъ юношей, основательно переработаны ими и, я не сомнѣваюсь, мы получили бы совсѣмъ другое юношество.

---

[1]) Я имѣю здѣсь въ виду цѣлесообразно выбранные отрывки изъ сочиненій *Галилея, Гюйгенса, Ньютона* и т. д. Выборъ нетрудно сдѣлать такой, чтобы чтеніе никакихъ серьезныхъ затрудненій не представляло. Содержаніе прочитаннаго должно быть обсуждено съ учениками и всѣ эксперименты должны быть продѣланы. *Это* воспитаніе должны были бы получить въ высшихъ классахъ ученики, не собирающіеся посвятить себя систематическому изученію естественныхъ наукъ. Реформу эту я предлагаю не въ первый разъ. Я не сомнѣваюсь, впрочемъ, что столь радикальныя перемѣны *лишь медленно могутъ встрѣтить признанія.—Въ 1876 году я предложилъ* одному извѣстному книгоиздательству выпустить новыя изданія сочиненій классиковъ въ области математики и естествознанія и тѣмъ сдѣлать ихъ доступнѣе, или, по крайней мѣрѣ, издать для юношества хрестоматію изъ отрывковъ изъ этихъ сочиненій, но оно отклонило это предложеніе, какъ совершенно невыгодное съ точки зрѣнія издательской. Съ тѣхъ поръ предложеніе это было осуществлено съ одной стороны Оствальдомъ, Майеромъ, и Мюллеромъ и др., а съ другой стороны въ книгѣ Даннеманна.

Зачѣмъ, напримѣръ, обременять юную голову всевозможными подробностями изъ ботаники? Кому только разъ приходилось собирать растенія подъ руководствомъ учителя, тотъ не видитъ болѣе вещей безразличныхъ, а только знакомое или незнакомое, и это заставляетъ его голову работать; его пріобрѣтенія, слѣдовательно, прочны. Я здѣсь высказываю только взглядъ одного моего друга, спеціалиста—педагога. Вовсе нѣтъ необходимости также, чтобы *все*, о чемъ идетъ рѣчь въ школѣ, *заучивалось*. Лучшее, чему мы научились и что сохранилось у насъ на всю жизнь, вовсе не входило въ курсъ того, въ чемъ мы экзаменовались. Какъ можетъ умъ расти и развиваться, когда на непереработанномъ, не усвоенномъ умомъ матеріалѣ нагромождается новый матеріалъ? Дѣло вовсе не въ томъ, чтобы накоплять положительныя знанія; важно *упражненіе* ума. Далѣе, вовсе не необходимо, мнѣ кажется, чтобы въ каждой школѣ преподавали точно *то же самое*. *Одинъ* предметъ филологическій, *одинъ* историческій, *одинъ* математическій и *одинъ* естественно-научный въ качествѣ общихъ предметовъ преподаванія для всѣхъ воспитанниковъ были бы достаточны для духовнаго развитія ихъ. Именно большее разнообразіе въ положительныхъ знаніяхъ людей должно принести большую пользу и существеннымъ образомъ содѣйствовать благотворному вліянію ихъ другъ на друга. Одна и та же форма—вещь превосходная, безъ сомнѣнія, для войска, но для головъ она совсѣмъ не годится. Понималъ уже это Карлъ V, и этого не слѣдовало бы забывать. Учителя и ученики, напротивъ, нуждаются въ значительномъ индивидуальномъ просторѣ, чтобы имѣть возможность дать своимъ силамъ надлежащее примѣненіе.

Вмѣстѣ съ *І. Карломъ Беккеромъ*, я того мнѣнія, что относительно *каждаго* предмета должно быть точно установлено, какую пользу приноситъ его изученіе и *какая часть* его должна быть предметомъ изученія для всякаго. Все сверхъ этой мѣры должно быть безусловно устранено, по меньшей мѣрѣ, изъ нисшихъ классовъ. Въ отношеніи математики задача эта рѣшена, мнѣ кажется, *Беккеромъ* [1]).

Нѣсколько иначе придется формулировать требованіе въ отношеніи *высшихъ классовъ*. И здѣсь учебный матеріалъ, *общій для всѣхъ* воспитанниковъ, не долженъ превышать извѣстной *скромной* мѣры. Но въ виду того огромнаго множества познаній, которое

---

1) Die Mathematik als Lehrgegenstand des Gymnasiums. Berlin 1883.

долженъ усвоить въ настоящее время молодой человѣкъ для своей профессіи, невозможно, чтобы юношество тратило десять лѣтъ своей жизни на одну подготовку. Въ высшихъ классахъ юношество должно получить дѣйствительную и всестороннюю подготовку для *профессіональнаго* своего *образованія,* вслѣдствіе чего преподаваніе въ нихъ вовсе не должно быть принаровлено къ потребностямъ будущихъ юристовъ, теологовъ и филологовъ. Но было-бы, разумѣется, безсмысленно и невозможно дать *одному и тому-же* человѣку всестороннюю подготовку для самыхъ разнообразныхъ профессій. Какъ этого опасался уже *Лихтенбергъ,* школа достигла-бы здѣсь только одного—*подбора юношей, наиболѣе поддающихся дрессировкѣ,* а величайшіе таланты, неспособные поддаваться любой дрессировкѣ, остались-бы за дверьми школы. Поэтому, въ высшихъ классахъ необходима извѣстная свобода преподаванія. Необходимо, чтобы каждому, кто выбралъ уже себѣ свою будущую профессію, былъ предоставленъ свободный выборъ, посвящать ли себя преимущественно изученію филологически-историческихъ, или математически-естественно-научныхъ предметовъ. Тогда удастся и сохранить преподаваемый въ настоящее время матеріалъ, а въ нѣкоторыхъ случаяхъ, можетъ быть, даже цѣлесообразно увеличить его еще [1]), и не обременять ученика ни *множествомъ* предметовъ, ни множествомъ учебныхъ часовъ. При работѣ *болѣе однородной* возрастаетъ и работоспособность ученика, такъ какъ одна часть работы служитъ опорой, а не помѣхой для другой. Если-же молодой человѣкъ впослѣдствіи выбираетъ другую профессію, то это уже его дѣло усваивать то, чего ему не хватаетъ. Обществу-же, безъ сомнѣнія, не повредитъ, оно не увидитъ въ этомъ бѣду, если въ его средѣ появятся филологи и юристы съ математическимъ образованіемъ, или естествоиспытатели съ образованіемъ филологическимъ [2]).

---

[1]) Какъ не цѣлесообразно то, что ради теологовъ и филологовъ обременяютъ греческимъ языкомъ и умы будущихъ медиковъ и естествоиспытателей, такъ было-бы не цѣлесообразно ради медиковъ обременять теологовъ и филологовъ изученіемъ аналитической геометріи, напримѣръ. Впрочемъ, мнѣ трудно повѣрить, чтобы медику, если онъ только какъ нибудь иначе упражнялся въ количественномъ мышленіи, могло послужить серьезной помѣхой незнакомство съ аналитической геометріей. Въ австрійскихъ гимназіяхъ всѣ ученики проходятъ аналитическую геометрію, а между тѣмъ особенно благотворныхъ результатовъ отъ этого въ общемъ не видно.

[2]) Директоръ Dr. Krumme въ Брауншвейгѣ въ личной бесѣдѣ со мной

Греко латинское образованіе давно уже не удовлетворяетъ *общей* потребности и существуетъ образованіе, болѣе *соотвѣтствующее времени*, *болѣе* общее—этотъ взглядъ получилъ уже весьма широкое распространеніе. Правда, слишкомъ злоупотребляютъ выраженіемъ «*общее* образованіе». *Дѣйствительно общее* образованіе—вещь, безъ сомнѣнія, довольно рѣдкая. *Школа* врядъ ли можетъ дать его; самое большее, что она можетъ сдѣлать, это возбудить въ ученикѣ потребность въ немъ. Это уже его дѣло усвоить себѣ, смотря по силамъ, болѣе или менѣе *общее* образованіе. Да и

обратилъ мое вниманіе на то, что предложенный здѣсь принципъ *ограниченной свободы преподаванія осуществленъ* уже въ *датскихъ* школахъ, соотвѣтствующихъ нашимъ гимназіямъ, и далъ превосходные результаты. Школы эти представляютъ собой типъ *шестиклассной* единой школы съ раздѣленіемъ на два отдѣленія въ двухъ старшихъ классахъ. Приведу изъ „педагогическаго архива" *Krumme* (1883, стр. 544) учебный планъ обоихъ высшихъ классовъ. Въ приводимой ниже таблицѣ буквы ИФ означаютъ историко-филологическое отдѣленіе, буквы МЕ—математически-естественно-научное отдѣленіе, а буква О—предметы общіе, преподаваемые въ обоихъ отдѣленіяхъ.

	V классъ.			VI классъ.			Сумма часовъ.	
	ИФ	О	МЕ	ИФ	О	МЕ	ИФ	МЕ
Датскій языкъ	—	4	—	—	4	—	8	8
Нѣмецкій и англійскій языкъ	—	2	—	—	2	—	4	4
Французскій языкъ	—	3	—	—	3	—	6	6
Латинскій языкъ	9	—	—	8	—	—	17	—
Греческій языкъ	6	—	—	6	—	—	12	—
Исторія	—	3	—	—	4	—	7	7
Математика и черченіе . . .	—	—	10	—	—	10	—	20
Естествознаніе	3	—	5	3	—	5	6	10
	18	12	15	17	13	15	60	55

Постановка преподаванія въ Норвегіи тоже представляетъ интересъ въ этомъ-же направленіи, но она слишкомъ сложна, чтобы она могла быть здѣсь кратко охарактеризована. Подробности см. въ „pädagog. Archiv.". 1884. Стр. 497.

трудно было бы дать опредѣленіе общаго образованія, которое удовлетворяло бы въ настоящее время всякаго, а еще труднѣе дать такое опредѣленіе, достаточное лѣтъ на сто. Въ томъ-то и дѣло, что самый идеалъ образованія весьма различенъ. *Одному* кажется, что знаніе классической древности не дорого купить «даже ранней смертью». Мы ничего не имѣемъ противъ того, чтобы этотъ человѣкъ вмѣстѣ со своими единомышленниками и осуществлялъ по своему свой идеалъ. Но мы *энергично* будемъ *протестовать* противъ того, чтобы *такіе* идеалы образованія осуществлялись на *нашихъ дѣтяхъ*. *Другой* человѣкъ, Платонъ, напримѣръ, ставитъ людей, незнакомыхъ съ геометріей, на одну ступень съ животными [1]). Если бы такія ограниченныя сужденія обладали силой колдуньи Kirke, люди, не безъ основанія считающіе себя весьма образованными, могли бы почувствовать въ себѣ весьма нелестное для себя превращеніе. Будемъ, поэтому, приспособлять постановку нашего преподаванія къ потребностямъ нашего времени и не будемъ создавать никакихъ предубѣжденій на будущее время!

Неизбѣжно возникаетъ слѣдующій вопросъ: какъ объяснить такое явленіе, что нѣчто столь несвоевременное, какъ постановка преподаванія въ нашихъ гимназіяхъ, могло сохраниться въ теченіе столь долгаго времени *наперекоръ* общественному мнѣнію? Отвѣтъ на этотъ вопросъ весьма простъ. Сначала школы были въ рукахъ церкви, потомъ, со времени эпохи реформаціи, онѣ стали учрежденіемъ государственнымъ. Такія *огромныя* предпріятія представляютъ кое-какія преимущества. На школы могутъ быть потрачены средства, которыхъ ни одно предпріятіе частное (по крайней мѣрѣ, въ Европѣ) собрать не могло бы. Есть возможность работать во многихъ школахъ по *одному и тому же* плану и производить тотъ или другой экспериментъ въ широкихъ размѣрахъ, что опять таки было бы невозможно въ частномъ предпріятіи. Здѣсь одинъ только понимающій человѣкъ, получивъ вліяніе, можетъ сдѣлать очень много въ дѣлѣ улучшенія преподаванія.

Но такая постановка преподаванія имѣетъ и свою оборотную сторону. Господствующая въ данный моментъ въ государствѣ политическая партія работаетъ *для себя*, заставляетъ школу служить *своимъ* интересамъ. *Всякая* конкурренція исключена, невозможна

---

[1]) См. *M. Cantor*, Geschichte der Mathematik. Leipzig 1880. I Bd Стр. 193.

даже всякая, болѣе или менѣе широкая *попытка* ввести какое-нибудь улучшеніе, если только само государство ея не предпринимаетъ или, по крайней мѣрѣ, терпитъ ее. Въ случаѣ *однообразія* въ народномъ воспитаніи, *разъ установившійся предразсудокъ* объявляется чѣмъ-то *непоколебимымъ*. Высшій интеллектъ, сильнѣйшая воля недостаточны, чтобы сразу сломить его. Болѣе того, такъ какъ все приспособлено къ этому воззрѣнію, то *внезапная* перемѣна была бы и матеріально невозможна. Но именно тѣ два сословія, которыя почти одни еще управляютъ государствомъ, сословія юристовъ и теологовъ, знакомы только съ одностороннимъ, преимущественно филологическимъ образованіемъ, полученнымъ ими въ государственной школѣ, и хотятъ, чтобы только оно уважалось и цѣнилось всѣми. Другіе люди принимаютъ это мнѣніе на вѣру. Третьи преклоняются передъ силой господствующаго мнѣнія, слишкомъ низко оцѣнивая собственное свое значеніе въ обществѣ. Четвертые поддерживаютъ мнѣніе господствующихъ сословій, чтобы сохранить равное съ ними положеніе въ обществѣ, часто поступая такъ *вопреки* собственному своему убѣжденію. Я никого не желаю обвинять, но не могу не сознаться, что отношеніе врачей къ вопросу о правахъ лицъ, окончившихъ реальную школу, производило иногда на меня такое впечатлѣніе. Наконецъ, вліятельный государственный дѣятель можетъ нанести еще большой вредъ преподаванію даже въ тѣхъ предѣлахъ, въ которыхъ ставятъ его законъ и общественное мнѣніе: считая свой односторонній взглядъ безошибочнымъ, онъ можетъ проводить его самымъ безпощаднымъ образомъ, не терпящимъ ни малѣйшихъ возраженій. Все это не только можетъ быть, но и бывало въ дѣйствительности неоднократно [1]). Конечно, если мы все это примемъ въ соображеніе, мы на монополію государства въ дѣлѣ преподаванія посмотримъ и другими глазами. И—въ этомъ не можетъ быть ни малѣйшаго сомнѣнія — если бы *государство* не поддерживало гимназій въ современной ихъ формѣ, онѣ давно исчезли бы.

Но дольше дѣло такъ продолжаться не можетъ. Необходимы измѣненія, и эти измѣненія сами, безъ сильнаго нашего содѣйствія, не произойдутъ и во всякомъ случаѣ произойдутъ медленно. Но передъ нами намѣченъ путь ихъ. Народное представительство должно оказывать болѣе широкое и болѣе сильное вліяніе на школьное законодательство. Но для этого необходимо свободно и

---

1) См. Paulsen, ibid стр. 607, 688.

открыто обсуждать относящіеся сюда вопросы, вносить въ нихъ свѣтъ. Всѣ тѣ, кому ясно стало, что существующее положеніе дѣлъ никуда не годится, должны *объединиться* въ одинъ большой союзъ, чтобы мнѣніе ихъ получило извѣстный вѣсъ и отдѣльный голосъ не остался гласомъ вопіющаго въ пустынѣ.

Милостивые государи! Мнѣ пришлось недавно прочитать въ одномъ превосходномъ описаніи путешествія, что *китайцы* неохотно говорятъ о политикѣ. Когда о ней заходитъ рѣчь, они обыкновенно обрываютъ ее слѣдующимъ замѣчаніемъ: «Поэтому, пусть объ этомъ позаботятся тѣ, которыхъ это касается и которые за это деньги получаютъ». Мнѣ кажется, господа, что не только *государства*, но и *всякаго* изъ насъ весьма и весьма касается, *какъ* наши дѣти воспитываются въ общественныхъ школахъ на *нашъ* счетъ

Добавленіе.

Съ того времени, какъ былъ прочитанъ настоящій докладъ (1886), кое что измѣнилось къ лучшему. Хотя представители классической филологіи не перестаютъ въ собраніяхъ заявлять о своей точкѣ зрѣнія въ соотвѣтственныхъ резолюціяхъ, тѣмъ не менѣе логика фактовъ беретъ свое, заставляя даже государственныхъ дѣятелей, вопреки желанію и традиціямъ ихъ воспитанія, выступать въ общественныхъ собраніяхъ въ защиту реальныхъ школъ и техническихъ высшихъ школъ, однимъ словомъ, въ защиту математически - естественно - научнаго образованія. Не приписывая большого значенія предоставленію техникамъ титуловъ инженера и доктора, мы *все-же* видимъ и въ этомъ извѣстную побѣду: признаніе равноцѣнности всѣхъ наукъ. Будемъ надѣяться, что недалеко то время, когда постепенно исчезнетъ, наконецъ, и изъ научной жизни тотъ средневѣковый *сословный духъ*, который къ счастью отошелъ-же въ ремеслѣ уже въ область исторіи. Надо думать, что тогда человѣкъ будетъ цѣниться не по числу лѣтъ, которыя онъ просидѣлъ на школьной скамьѣ, или по диплому, а по своимъ дѣламъ. Тогда спадутъ и тонко придуманныя перегородки, варварски лишающія возможности получить образованіе и добиться ученой профессіи даровитыхъ взрослыхъ людей, жаждущихъ знаній, но упустившихъ обычный путь систематическаго ихъ усвоенія. Народные университеты съ ихъ неожиданно благопріятными результатами составляютъ лишь небольшое начало предстоящей работы.

Въ докладѣ я долженъ былъ оставаться на почвѣ того, что существуетъ. Для того, чтобы обращаться своимъ взоромъ въ болѣе далекую даль, было мало повода. Здѣсь же я воспользуюсь случаемъ изложить свои идеалы воспитанія и обученія, хотя бы осуществленіе ихъ и было дѣломъ далекаго будущаго. Я представляю себѣ будущія образовательныя учрежденія, отъ нисшаго до высшаго, какъ частныя предпріятія, отъ государства совершенно независимыя. Они не содержатся на счетъ государства, послѣднее не предоставляетъ имъ никакихъ правъ, но зато и не опекаетъ ихъ совершенно. Въ виду свободной конкурренціи между ними успѣхъ ихъ зависитъ всецѣло отъ ихъ работы, какъ и работы учащихся въ нихъ. Самое большее, что здѣсь можно допустить, это—частную благотворительность, какъ въ Америкѣ. Учащіеся должны обладать необходимой зрѣлостью и умѣть цѣнить пользу знанія, это—условіе, которое должно быть, наконецъ, выполнено само собой. Доступъ въ эти учрежденія свободенъ для всѣхъ, и о необходимой для этого подготовкѣ всякій самъ долженъ позаботиться. Это не мѣшаетъ тому, чтобы государство имѣло свои испытательныя комиссіи въ защиту себя и своихъ гражданъ отъ возможнаго вреда. Но *открывать* наилучшіе пути для пріобрѣтенія знанія и образованія — не дѣло правительственныхъ властей. Это должно быть предоставлено *свободной* конкурренціи учащихъ.

Важно, мнѣ кажется, чтобы профессіональное образованіе начиналось гораздо раньше, чѣмъ это происходитъ въ настоящее время. Достаточной причиной для этого является та масса необходимыхъ для профессіи *спеціальныхъ познаній*, которая можетъ быть усвоена только въ юношескіе годы. Но есть еще и другая существенная причина: если молодой человѣкъ рано познакомится съ серьезной стороной жизни и его отвѣтственностью въ ней, то это окажетъ благотворное вліяніе на развитіе его характера. Пріобрѣтеніе же болѣе широкаго общаго образованія, для котораго гимназистъ по возрасту своему не созрѣлъ еще, ибо о самомъ важномъ и наиболѣе выясняющемъ приходится умолчать, будетъ цѣлесообразно разсматривать, какъ частное дѣло взрослаго человѣка. При современныхъ вспомогательныхъ средствахъ взрослый человѣкъ научится шутя многому, на что гимназистъ тратитъ много времени и труда.

Не слѣдуетъ также ограничить никакими рамками уровень образованія и выборъ профессіи для женщинъ. Всѣ помѣхи, которыя здѣсь воздвигаются, обязаны своимъ происхожденіемъ

страху передъ конкурренціей и вліяніемъ женщинъ, но въ концѣ концовъ имъ не устоять предъ нивеллирующимъ духомъ времени. Движеніе это можетъ быть замедлено, но не задержано, и мало чести будетъ тому, кто попытается это сдѣлать. Опасности его безъ сомнѣнія, преувеличиваются и переоцѣниваются. Конкуррируютъ же съ нами женщины въ потребленіи благъ; какое же несчастье можетъ быть отъ того, что онѣ будутъ участвовать въ нашей работѣ созиданія ихъ? Предоставьте природѣ справляться съ проблемой равновѣсія между полами. И развѣ женщина и въ настоящее время не имѣетъ значительнаго вліянія на всю нашу жизнь, не исключая политической? Но кто же не предпочтетъ вліяніе женщины, познавшей всю серьезную сторону жизни и труда, вліянію женщины менѣе культурной? Женщина некультурная заботливо блюдетъ и поддерживаетъ всевозможные предразсудки вплоть до страха передъ числомъ 13 и разсыпанной солью, добросовѣстно прививаетъ эти предразсудки подростающему поколѣнію и всегда остается самымъ благодарнымъ объектомъ для всевозможныхъ реакціонныхъ поползновеній. Какъ можетъ быть обезпеченъ прогрессъ человѣчества, покуда половина его остается еще въ темнотѣ?—1902].

———

XVIII.

О явленіяхъ полета пуль [1]).

Въ наше время люди чувствуютъ себя обязанными нанести другъ другу—порой ради цѣлей и идеаловъ весьма сомнительнаго свойства—въ самое короткое время возможно больше ранъ. Другой же идеалъ, стоящій къ пр жнимъ большей частью въ самомъ рѣзкомъ противорѣчіи, обязуетъ ихъ вмѣстѣ съ тѣмъ дѣлать эти раны возможно меньшаго калибра, а нанесенныя — возможно быстрѣе залѣчивать.

Въ виду этихъ обстоятельствъ стрѣльба и все, что съ ней связано, играетъ весьма важную, а порой важнѣйшую даже роль въ современной нашей жизни. Поэтому, вы удѣлите мнѣ, я надѣюсь, на часъ свое вниманіе, чтобы познакомиться съ нѣкоторыми опытами, предпринятыми, правда, не съ военными, а съ научными цѣлями и проливающими нѣкоторый свѣтъ на явленія, происходящія при стрѣльбѣ.

Современное естествознаніе стремится построить свою картину міра не на спекулятивныхъ умозрѣніяхъ, а по возможности на фактахъ наблюденія: свои конструкціи оно провѣряетъ тоже при помощи наблюденій. Каждый вновь наблюденный фактъ дополняетъ эту картину міра, а всякое разногласіе между ея конструкціей и фактами наблюденія наводитъ на мысль о несовершенствѣ, о пробѣлѣ въ ней. Видѣнное провѣряется и дополняется мыслимымъ, которое въ свою очередь есть не болѣе, какъ результатъ видѣннаго уже *раньше*. Поэтому, представляетъ особую прелесть дѣлать непосредственно доступнымъ провѣркѣ черезъ наблюденіе, т. е. доступнымъ воспріятію то, къ чему пришли—умозаключеніями ли или допущеніями—чисто теоретическимъ путемъ.

---

[1]) Докладъ, прочитанный 10-го ноября 1897 г. въ союзѣ для распространенія естественно-научныхъ знаній въ Вѣнѣ.

Въ 1881 году мнѣ пришлось присутствовать въ Парижѣ на лекціи бельгійскаго баллистика *Melsens'a*. Между прочимъ онъ высказалъ предположеніе, что пули, обладающія большой скоростью, двигаютъ впереди себя массы сгущеннаго воздуха, которыя и вызываютъ, по его мнѣнію, въ достигаемыхъ ими тѣлахъ извѣстныя взрывающія дѣйствія. У меня появилось тогда желаніе провѣрить эти представленія на опытѣ и сдѣлать весь процессъ, если таковой существуетъ, доступнымъ чувственному воспріятію. Это желаніе мое подкрѣплялось еще тѣмъ соображеніемъ, что всѣ необходимыя для того средства имѣются уже наготовѣ, а нѣкоторыя изъ нихъ были примѣнены и испытаны мною уже при другихъ работахъ.

Выяснимъ сначала затрудненія, стоящія на пути къ достиженію этой цѣли. Намъ нужно наблюдать пулю, скорость движенія которой превышаетъ много сотенъ метровъ въ секунду, вмѣстѣ съ измѣненіями, которыя она вызываетъ въ окружающемъ воздухѣ. Само непрозрачное твердое тѣло, пуля, видно при такихъ условіяхъ въ исключительномъ случаѣ: когда оно бываетъ значительной величины и когда мы путь полета видимъ въ сильномъ перспективномъ сокращеніи, такъ что скорость кажется какъ-будто весьма уменьшенной. Пуля достаточной величины видна довольно хорошо, если, ставши позади орудія, направить взглядъ свой по направленію ея полета или—случай менѣе удобный и пріятный—если пуля летитъ на насъ. Тѣмъ не менѣе есть весьма простое и радикальное средство, дающее возможность съ удобствомъ наблюдать весьма быстро движущіяся тѣла, какъ будто бы они въ одномъ какомъ-нибудь мѣстѣ своего пути оставались неподвижными. Средство это—освѣщеніе его сильно свѣтящейся электрической искрой чрезвычайно краткой продолжительности, разумѣется, въ темнотѣ. Но для того, чтобы вполнѣ схватить какое-нибудь изображеніе, необходимо извѣстное, довольно значительное время. Поэтому, лучше будетъ, конечно, воспользоваться для фиксаціи этого столь кратковременнаго изображенія моментальной фотографіей, послѣ чего можно полученное изображеніе съ полнымъ удобствомъ разсматривать и анализировать. Этими средствами мы и воспользовались въ дѣйствительности.

Къ этому первому затрудненію присоединяется еще одно, большее. Воздухъ обыкновенно вообще не видѣнъ, даже когда онъ находится въ покоѣ. Здѣсь же необходимо, чтобы видѣнъ былъ воздухъ, движущійся съ очень большой скоростью.

Для того, чтобы тѣло было видно, оно должно или само испус-

кать свѣтъ, свѣтиться, или какъ-нибудь вліять на падающій на него свѣтъ, поглощать его совсѣмъ или отчасти, отклонять его, отражать или преломлять. Видѣть воздухъ свѣтящимся невозможно, ибо онъ свѣтится только въ исключительныхъ случаяхъ, въ гейслеровой трубкѣ, напримѣръ. Воздухъ весьма прозраченъ и безцвѣтенъ и потому его нельзя также видѣть, какъ мы видимъ темное или цвѣтное тѣло, подобно парамъ хлора, брома или іода. Наконецъ, показатель преломленія воздуха столь малъ, онъ столь мало отклоняетъ свѣтъ, что это совсѣмъ не замѣчается.

Стеклянный стержень въ воздухѣ или въ водѣ мы видимъ. Но мы почти не видимъ его, если помѣстить его въ смѣсь бензола и сѣро-углерода, средній показатель преломленія которой равенъ показателю преломленія стекла. Порошекъ стекла, помѣщенный въ ту-же смѣсь, обнаруживаетъ яркій цвѣтъ, потому что равенство показателей преломленія вслѣдствіе свѣторазсѣянія существуетъ только для *одного* цвѣта, который безпрепятственно и проходитъ черезъ смѣсь, между тѣмъ какъ другіе цвѣта испытываютъ всевозможныя отраженія [1]).

Вода въ водѣ, спиртъ въ спиртѣ не видны. Но если смѣшать спиртъ съ водой, то сейчасъ-же видны хлопья спирта въ водѣ или наоборотъ. Такъ можно при благопріятныхъ условіяхъ увидѣть и воздухъ. Если смотрѣть на предметы надъ крышей, освѣщенной и нагрѣтой солнцемъ, или надъ нагрѣтой печью, употребляющейся обыкновенно, когда дѣлаются асфальтовыя мостовыя, то получается впечатлѣніе какого-то мерцанія, будто предметы дрожатъ въ воздухѣ: здѣсь смѣшивается нагрѣтый воздухъ съ холоднымъ, показатели преломленія которыхъ замѣтно различны.

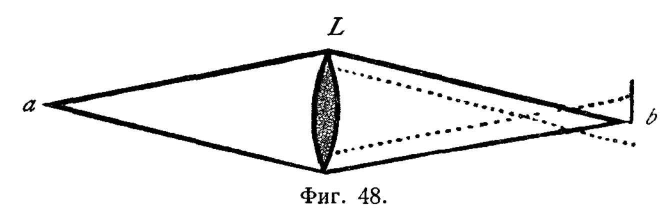
Такъ и въ неравномѣрномъ стеклѣ можно разсмотрѣть сильнѣе отклоняющія свѣтъ части, полосы, въ массѣ, слабѣе отклоняющей свѣтъ. Такія стекла не годятся для оптическихъ цѣлей. Вслѣдствіе этого было обращено особое вниманіе на изученіе ихъ съ цѣлью ихъ исключенія, что и привело къ развитію весьма точнаго метода изслѣдованія (Schlierenmethode; Schlieren-полосы), пригоднаго для нашихъ цѣлей.

Еще Гюйгенсъ для распознаванія этихъ полосъ наблюдалъ обточенныя стекла при непрямомъ освѣщеніи и на большомъ разстояніи, чтобы лучше замѣтить дѣйствіе отклоненія, которое и наблюдалъ при помощи зрительной трубы. Но до высшаго совершен-

[1]) *Christiansen*, Wiedemanns Annalen XXIII, стр. 298 XXIV, стр. 439 (1884, 1885).

ства методъ этотъ развитъ *Тэплеромъ*, у котораго онъ принимаетъ слѣдующій видъ.

Небольшой источникъ свѣта *a* (фиг. 48) освѣщаетъ чечевицу L,

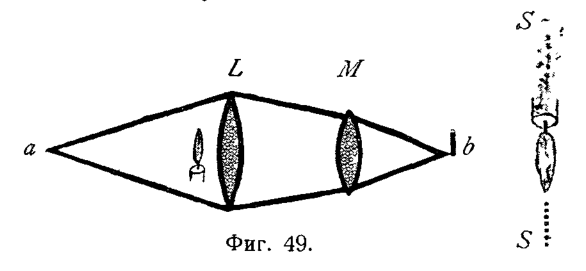


Фиг. 48.

которая и отбрасываетъ отъ перваго небольшое изображеніе *b*. Если теперь помѣстить глазъ такъ, чтобы изображеніе это падало въ зрачекъ его, то вся чечевица, если она вполнѣ совершенна, кажется освѣщенной равномѣрно, потому что всѣ мѣста ея отсылаютъ лучи въ глазъ.

Грубые недостатки въ формѣ или равномѣрности стекла только тогда замѣчаются, когда отклоненія настолько сильны, что свѣтъ нѣкоторыхъ мѣстъ проходитъ мимо зрачка. Но если болѣе или менѣе заслонить изображеніе *b* краемъ небольшой ширмы, то въ чечевицѣ менѣе ярко освѣщенной, тѣ мѣста, лучи которыхъ вслѣдствіе болѣе сильнаго отклоненія падаютъ въ глазъ еще *рядомъ* съ заслонкой, кажутся свѣтлѣе, а тѣ мѣста, лучи которыхъ вслѣдствіе противоположнаго отклоненія падаютъ *на* заслонку, кажутся темнѣе. Этотъ пріемъ съ заслонкой примѣнялъ уже *Фуко* для изслѣдованія недостатковъ зеркалъ и онъ значительно усиливаетъ чувствительность изслѣдованія. Еще больше повышаетъ эту чувствительность зрительная труба, употребляемая *Тэплеромъ* позади заслонки. Въ методѣ *Тэплера*, слѣдовательно, объединяются преимущества метода *Гюйгенса* и метода *Фуко*.

Этотъ методъ столь чувствителенъ, что съ его помощью можно



Фиг. 49.

ясно замѣтить даже ничтожную неравномѣрность *воздуха* близъ чечевицы. Приведу въ поясненіе *одинъ* только примѣръ.

Я помѣщаю свѣчу передъ чечевицей *L*, а вторую чечевицу *M* помѣщаю такъ, что на ширмѣ *S* появляется изображеніе пламени свѣчи. Если въ фокусѣ *b*, исходящаго изъ *a*, свѣта помѣстить заслонку, то на ширмѣ видны изображенія всѣхъ вызванныхъ пламенемъ свѣчи измѣненій въ плотности воздуха и движеній его. Ясность всего явленія зависитъ отъ мѣста заслонки *b*. Если ее удалить, все дѣлается яснымъ. Если удалить источникъ свѣта *a*, мы видимъ только изображеніе пламени свѣчи на ширмѣ *S*. Если *a* свѣтится безъ пламени, ширма *S* равномѣрно освѣщена [1]).

Долгое время *Тэплеръ* тщетно старался сдѣлать видимымъ при помощи этого принципа неравномѣрное состояніе воздуха, вызванное звуками. Наконецъ, ему посчастливилось констатировать такія звуковыя волны при изслѣдованіи электрической искры. Вызванныя электрической искрой въ воздухѣ и сопровождающія звукъ волны настолько коротки и сильны, что ихъ можно видѣть при помощи этого метода.

Такъ тщательнымъ изученіемъ слѣдовъ какого-нибудь явленія и весьма постепенными цѣлесообразными небольшими измѣненіями условій и методовъ могутъ быть въ концѣ концовъ достигнуты совершенно неожиданные результаты. Человѣку, который зналъ бы, напримѣръ, только явленіе, наблюдаемое при треніи янтаря и электрическое освѣщеніе на улицахъ, но не зналъ бы всѣхъ промежуточныхъ ступеней, ведущихъ отъ одного факта къ другому, эти два факта казались бы столь же чуждыми другъ другу, какими кажутся ящероптица и птица обыкновенному наблюдателю, незнакомому съ эмбріологическими, анатомическими и палеонтологическими промежуточными членами. Примѣры эти ярко иллюстрируютъ все великое значеніе общей работы изслѣдователей на протяженіи столѣтій, когда каждый можетъ исходить изъ работы своихъ предшественниковъ и вести ее дальше. Они же разрушаютъ въ глазахъ сторонняго наблюдателя впечатлѣніе чудеснаго и вмѣстѣ съ тѣмъ исцѣляютъ работника на нивѣ науки отъ высокомѣрія. Прибавлю еще сюда то отрезвляющее замѣчаніе, что все умѣніе и знаніе научныхъ изслѣдователей были бы тщетны, если бы сама природа не обнаруживала слабыя, по крайней мѣрѣ, нити, ведущія отъ процесса, остающагося еще скрытымъ, въ область явленій, поддающихся наблюденію. Если мы все это примемъ въ соображеніе, насъ

---

[1]) Необходимыя для этихъ экспериментовъ ахроматическія чечевицы и аппараты были любезно предоставлены въ наше распоряженіе K. Fritsch'емъ.

не будетъ удивлять недавнее, напримѣръ, краткое сообщеніе *Boys* о томъ, какъ очень мощная звуковая волна, вызванная взрывомъ нѣсколькихъ сотъ фунтовъ динамита, отбрасываетъ при свѣтѣ солнца тѣнь, поддающуюся непосредственному наблюденію. Если бы звуковыя волны не оказывали абсолютно никакого вліянія на свѣтъ, то этого быть не могло бы, но тогда и все наше искусство осталось бы тщетнымъ. Такъ и явленія полета пуль, которыя я хочу продемонстрировать передъ вами, удалось наблюдать, правда, весьма несовершеннымъ образомъ, французскому баллистику *Journée,* наблюдавшему ихъ просто въ зрительную трубу. Такъ, вѣдь, и описанныя выше явленія со свѣчей лишь слабо поддаются непосредственному наблюденію, а при яркомъ солнечномъ свѣтѣ даютъ тѣневое изображеніе на равномѣрнаго бѣлаго свѣта стѣнѣ.

Моментальное освѣщеніе при помощи электрической искры, методъ *Тэплера* и фотографированіе — вотъ тѣ вспомогательныя средства, при помощи которыхъ мы можемъ достичь своей цѣли.

Лѣтомъ 1884 года я произвелъ первые свои опыты съ пистолетомъ. На пути пули я помѣщалъ соотвѣтственный аппаратъ и кромѣ того устраивалъ дѣло такъ, чтобы пуля, находясь въ полѣ дѣйствія этого аппарата, освобождала электрическую искру, которая и фиксировала-бы это изображеніе въ фотографическомъ аппаратѣ. Изображеніе пули я получилъ сейчасъ безъ особыхъ затрудненій. Нетрудно мнѣ было получить также съ помощью сухихъ пластинокъ, тогда еще не вполнѣ хорошихъ, весьма тонкія изображенія звуковыхъ волнъ. Но сгущенія воздуха, вызваннаго пулей, мнѣ наблюдать не удалось. Изслѣдовавъ скорость движенія пули, я нашелъ ее равной 240 метрамъ въ секунду, т. е. значительно меньшей скорости звука. Я сейчасъ же понялъ, что при этихъ условіяхъ замѣтнаго сгущенія воздуха быть не можетъ, ибо, распространяясь со скоростью звука (340 метровъ въ секунду), оно движется скорѣе пули и ускользаетъ отъ наблюденія.

Будучи вполнѣ убѣжденъ въ томъ, что предполагаемый мной процессъ можно было бы наблюдать въ случаѣ скорости движенія пули, превышающей 340 метровъ въ секунду, я попросилъ профессора *Salcher'a* въ Фіуме произвести такой опытъ съ пулей большей скорости движенія. Лѣтомъ 1886 года *Salcher* вмѣстѣ съ профессоромъ *Риглеромъ* произвели такіе опыты въ подходящемъ мѣстѣ, отведенномъ властями королевской морской академіи,

устроивъ ихъ такимъ же образомъ, какъ я, и предполагавшійся результатъ не заставилъ себя долго ждать. Явленіе даже по формѣ соотвѣтствовало тому рисунку, который я набросилъ до опытовъ. При дальнѣйшихъ опытахъ удалось наблюдать и новыя еще, неожиданныя стороны явленія.

Было бы, конечно, слишкомъ много требовать, чтобы первые же опыты дали весьма совершенныя и во всѣхъ частяхъ ясныя изображенія. Достаточно было и то, что успѣхъ былъ обезпеченъ и что я могъ быть увѣреннымъ въ томъ, что дальнѣйшая трата времени и силъ не пропадутъ даромъ, за что я и обязанъ благодарностью обоимъ этимъ профессорамъ.

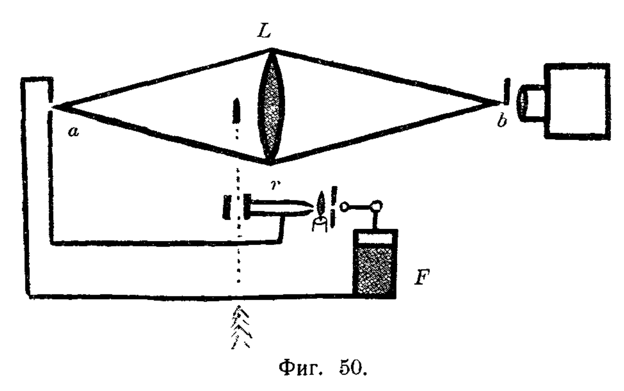
Морская секція военнаго министерства предоставила тогда въ распоряженіе *Salcher'a* пушку для нѣсколькихъ выстрѣловъ въ городѣ Пола. Я же самъ, по любезному приглашенію фирмы Круппа, отправился въ сопровожденіи моего сына, тогда еще студента-медика, въ Меппенъ, гдѣ мы при помощи аппаратовъ, оказавшихся необходимыми для опытовъ въ открытомъ полѣ, произвели нѣсколько опытовъ и получили уже довольно хорошія и полныя изображенія. Были при этомъ сдѣланы нѣкоторыя незначительныя нововведенія. Но пріобрѣтенный здѣсь опытъ укрѣпилъ наше убѣжденіе въ томъ, что дѣйствительно хорошіе результаты могутъ быть получены только при условіи самаго тщательнаго исполненія опытовъ въ спеціально для этой цѣли, хорошо оборудованной лабораторіи. Не имѣетъ здѣсь также значенія дороговизна средствъ, ибо размѣры пули, напримѣръ, рѣшающаго значенія не имѣютъ. При однихъ и тѣхъ же скоростяхъ полета пуль результаты получаются одни и тѣ же, велики ли пули или малы. Но при опытахъ въ лабораторіи, разъ она уже устроена, можно по произволу измѣнять первоначальную скорость, измѣняя зарядъ и вѣсъ пули. Такіе опыты были произведены въ моей пражеской лабораторіи отчасти мной самимъ въ сотрудничествѣ съ моимъ сыномъ, и отчасти имъ однимъ впослѣдствіи. Послѣдніе были наиболѣе совершенны и только на нихъ однихъ мы остановимся здѣсь нѣсколько подробнѣе [1]).

Итакъ, представьте себѣ слѣдующее устройство опыта, въ темной комнатѣ, конечно.

---

[1]) Съ благодарностью долженъ отмѣтить, что многіе австрійскіе офицеры частнымъ образомъ оказывали содѣйствіе этимъ опытамъ. См. также Studien in den Sitzungsber. d. Wiener Akademie (1875—1897).

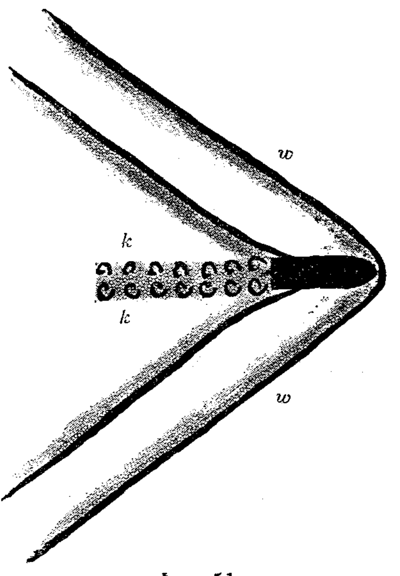
Чтобы описаніе не вышло слишкомъ сложнымъ, я ограничусь самымъ существеннымъ, а болѣе мелкія подробности, болѣе важныя для техники опыта, чѣмъ для пониманія, опущу. Итакъ, пуля пролетаетъ поле нашего аппарата. Когда она находится въ серединѣ этого поля, освобождается электрическая искра, и фотографическая камера, находящаяся позади заслонки, фиксируетъ изображеніе. Въ послѣднихъ и лучшихъ опытахъ чечевица L была замѣнена сферическимъ, покрытымъ серебромъ, стекляннымъ зеркаломъ, благодаря чему комбинація аппаратовъ стала, естественно, нѣсколько сложнѣе, чѣмъ она изображена здѣсь. Освобожденіе электрической искры достигалось первоначально довольно просто. Двѣ вертикальныя проволоки, соединенныя съ обкладками лейденской банки, были помѣщены рядомъ въ полѣ такъ, что пуля, хорошо направленная, пролетала между ними и, заполнивъ между ними пространство, замыкала цѣпь и разряжала банку. Но въ цѣпи былъ еще одинъ перерывъ *a* въ оси аппарата, да-



Фиг. 50.

вавшій свѣтящуюся искру, изображеніе которой падало на заслонку *b*. Эти проволоки въ полѣ причиняли кое-какія затрудненія и потому были впослѣдствіи устранены. Въ новой постановкѣ опыта пуля летитъ сквозь заклеенное бумагой деревянное кольцо. Здѣсь она вызываетъ сотрясеніе воздуха, которое въ качествѣ звуковой волны распространяется со скоростью звука, т. е 340 метровъ въ секунду, въ трубкѣ *r*. Достигнувъ другого конца трубки, воздухъ. силой своего напора, выбрасываетъ пламя свѣчи сквозь отверстіе электрической ширмы и такимъ образомъ, сомкнувъ цѣпь, вызываетъ разрядъ банки. Длина трубки выбрана такъ, чтобы разрядъ этотъ произошелъ тогда, когда пуля будетъ находится какъ разъ въ серединѣ поля зрѣнія, которое теперь уже

остается свободнымъ и чистымъ. Чтобы лучше обезпечить успѣхъ, дѣло устраивается такъ, что пламя разряжаетъ большую банку F, а этотъ разрядъ вызываетъ лишь весьма кратковременный разрядъ небольшой банки, освѣщающій полетъ пули, но эту подробность мы здѣсь опустили. Продолжительность разряда большихъ банокъ— довольно замѣтная уже, а, такъ какъ скорость полета пуль весьма велика, то изображенія получаются здѣсь неясныя. Вслѣдствіе экономнаго употребленія свѣта въ аппаратѣ, а также и того обстоятельства, что на фотографическую пластинку при этомъ падаетъ гораздо больше свѣта, чѣмъ безъ аппарата, удается съ невѣроятно малыми искрами получать прекрасныя, мощныя и вмѣстѣ съ тѣмъ ясныя изображенія. Контуры изображеній выступаютъ въ видѣ весьма тонкихъ, ясныхъ, очень близко соприкасающихся двойныхъ линій. Изъ разстоянія между ними и скорости полета пули, можно вычислить продолжительность освѣщенія или продолжительность искры; она найдена равной $^1/_{800000}$ секунды. Отсюда ясно, между прочимъ, почему аналогичные опыты съ механическими моментальными затворами не могли дать болѣе или менѣе удовлетворительныхъ результатовъ.

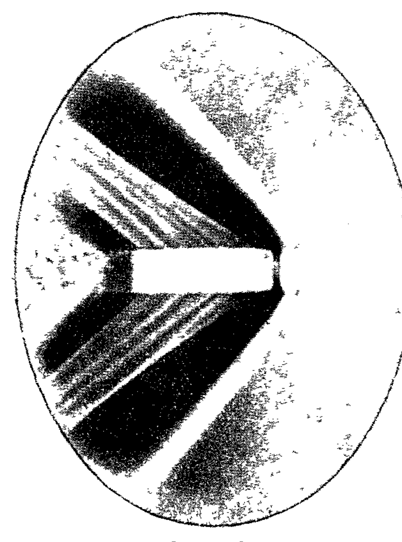


Фиг. 51.

Разсмотримъ теперь изображеніе полета пули сначала на схематической фигурѣ 51 и потомъ на фотографическомъ снимкѣ (фиг. 52), который я проецировалъ на экранѣ по негативу оригинала. Для послѣдняго изображенія выстрѣлъ былъ сдѣланъ изъ австрійскаго ружья Маннлихера. Не скажи я вамъ, что здѣсь изображено, вы могли бы подумать, что это быстро несущаяся по водѣ лодка, сфотографированная съ высоты птичьяго полета. Спереди вы видите волны у передней части лодки (*w w*), а задняя часть *kk* весьма напоминаетъ волненіе воды, произведенное рулемъ. И дѣйствительно, свѣтлая, напоминающая гиперболу, дуга у верхушки пули есть волна сгущеннаго воздуха, вполнѣ аналогичная волнѣ у носа корабля, съ той только разницей, что первая не

есть волна поверхностная. Она образуется въ воздушномъ пространствѣ и окружаетъ пулю со всѣхъ сторонъ на подобіе колокола. Волна становится видимой такимъ же образомъ. какъ въ предыдущихъ опытахъ нагрѣтая оболочка воздуха, окружающая пламя свѣчи. А цилиндръ изъ нагрѣтаго треніемъ воздуха, который выдѣлила пуля въ формѣ вихревыхъ колецъ, дѣйствительно напоминаетъ кильватеръ.

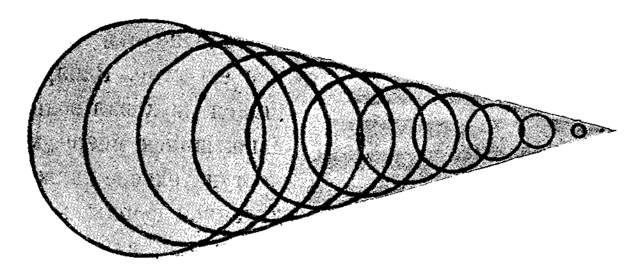
Медленно движущаяся лодка не вызываетъ никакихъ волнъ впереди себя; чтобы эти волны образовались, лодка должна двигаться со скоростью, превышающей скорость распространенія водяныхъ волнъ. Такъ и впереди пули нѣтъ волнъ сгущеннаго воздуха, покуда скорость ея полета остается меньше скорости распространенія звука. Но вотъ первая скорость достигаетъ скорости второй и начинаетъ ее превышать, и головная волна (Kopfwelle), какъ мы ее впредь будемъ называть, замѣтно возрастаетъ въ мощности, становясь вмѣстѣ съ тѣмъ все болѣе и болѣе растянутой, т. е. уголъ, образуемый контурами волны съ направленіемъ полета пули, становится все меньше. Нѣчто подобное же наблюдается, когда скорость движенія лодки возрастаетъ. По полученному описаннымъ образомъ моментальному изображенію, можно приблизительно оцѣнить скорость полета пули.



Фиг. 52.

Въ основѣ объясненія волны у носа корабля и головной волны лежитъ принципъ, примѣненный уже *Гюйгенсомъ*. Представьте себѣ, что вы бросаете въ воду камушки въ правильномъ темпѣ такъ, что мѣста, куда вы попадаете, лежатъ на одной прямой линіи и что каждое послѣдующее мѣсто лежитъ на опредѣленномъ разстояніи вправо отъ предыдущаго. Въ первыхъ мѣстахъ получатся наиболѣе широкіе круги, а всѣ вмѣстѣ тамъ, гдѣ они всего гуще, образуютъ нѣкоторое сгущеніе, напоминающее волну у носа корабля. Сходство будетъ тѣмъ больше, чѣмъ меньшіе камушки вы будете бросать и чѣмъ быстрѣе вы будете бросать ихъ одинъ за другимъ. Если вы опустите палочку въ воду и

будете вести ее по поверхности ея, то въ бросаніи камушекъ не будутъ происходить, такъ сказать, перерывы и вы получите какъ разъ такую волну, какая образуется у носа корабля. Если вы



Фиг. 53.

поверхностныя волны воды замѣните волнами сгущеннаго воздуха, вы получите головную волну, образующуюся при полетѣ пули.

Вы можете мнѣ сказать: все это прекрасно, весьма интересно наблюдать пулю во время ея полета, но какое это имѣетъ *практическое* значеніе?

На это отвѣчу вамъ: воевать при помощи пуль сфотографированныхъ, конечно, невозможно! Такимъ же образомъ мнѣ часто приходилось отвѣчать моимъ слушателямъ-медикамъ, когда они задавали мнѣ вопросъ о практическомъ значеніи какого-нибудь физическаго наблюденія: лѣчить, господа, этимъ невозможно! Подобнымъ же образомъ мнѣ пришлось разъ отвѣтить на вопросъ, въ какомъ объемѣ нужно проходить физику въ школѣ для мельниковъ, если ограничиваться самымъ для нихъ необходимымъ. Мнѣ пришлось тогда отвѣтить: мельнику всегда окажется *нужнымъ* столько физики, сколько онъ будетъ *знать* ее. Знаніемъ, которымъ не обладаешь, пользоваться, конечно, невозможно.

Всякій научный процессъ, всякое разъясненіе, всякое расширеніе или обогащеніе нашихъ знаній фактовъ вообще создаетъ лучшія условія и для практической дѣятельности. Но оставимъ это общее положеніе въ сторонѣ и зададимся частнымъ вопросомъ: можемъ ли мы извлечь какую-нибудь *пользу* изъ болѣе точнаго знанія процессовъ, происходящихъ при полетѣ пули?

Ни одинъ физикъ, занимавшійся изученіемъ звуковыхъ волнъ и фотографировавшій эти волны, не усомнится въ томъ, что сгущенія воздуха впереди пули по природѣ своей сходны съ звуковыми

волнами. Мы, поэтому, и не задумались назвать эти сгущенія головной волной. Но разъ это внѣ сомнѣнія, то неправильно представленіе *Melsens*'а, по которому пуля увлекаетъ за собой массы воздуха, которыя она и вдавливаетъ въ поражаемое ею тѣло. Распространяющаяся звуковая волна не есть движущаяся впередъ масса, а поступательное движеніе опредѣленной формы, какъ и водяная волна, или волна ржаного поля есть лишь поступательное движеніе опредѣленной формы, но не движеніе впередъ воды или ржи.



Фиг. 54

Кромѣ того нѣкоторые опыты съ интерференціей свѣта, на которыхъ я здѣсь подробно останавливаться не могу, но результатъ которыхъ схематически изображенъ на фигурѣ 54, доказали, что колоколообразная головная волна представляетъ собой очень тонкую оболочку и что сгущенія ея не велики, едва ли превышая 0,2 одной атмосферы.

Такимъ образомъ о томъ, чтобы взрывъ въ тѣлѣ, пораженномъ пулей, происходилъ вслѣдствіе давленія воздуха, не можетъ быть и рѣчи. Слѣдовательно, явленія въ огнестрѣльныхъ ранахъ, напримѣръ, слѣдуетъ разсматривать не какъ *Melsens* и *Busch*, а какъ *Kocher* и *Reger*, т. е. какъ результаты давленія самой пули.

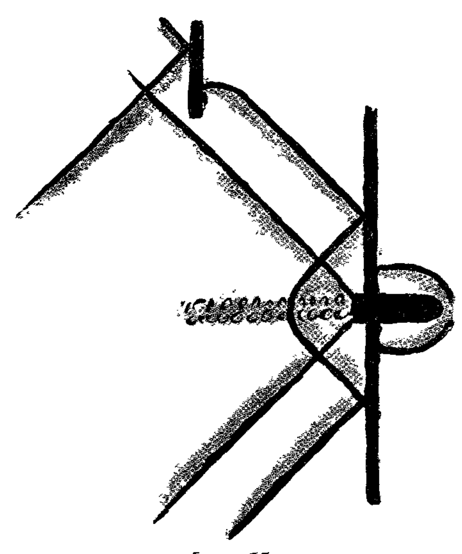
Въ какой мѣрѣ невелика роль, которую играетъ здѣсь треніе воздуха, то, что пуля, будто бы, при своемъ движеніи увлекаетъ за собой массы воздуха, показываетъ слѣдующій простой опытъ. Фиксируютъ изображеніе пули въ то время, когда она пересѣкаетъ въ своемъ полетѣ какое-нибудь пламя, т. е. видимый газъ. Пламя не разрывается и не деформируется, а пробуравливается пулей, какъ твердое тѣло. Внутри и внѣ пламени видны контуры головной волны. Разгорается или тухнетъ пламя только впослѣдствіи, послѣ того, какъ пуля давно пролетѣла, подъ дѣйствіемъ слѣдующихъ за ней пороховыхъ газовъ или находящагося впереди ихъ воздуха.

Физикъ, разсматривающій головную волну и знающій, что она по природѣ своей сходна съ звуковой волной, видитъ вмѣстѣ съ

тѣмъ, что она относится къ тому же типу волнъ, къ которому относятся и короткія, сильныя волны, вызванныя искрой, что это—*волна, сопровождаемая трескомъ.* Такимъ образомъ, когда часть головной волны достигаетъ уха, послѣднее должно разслышать *трескъ.* Похоже на то, будто пуля движется съ трескомъ. Кромѣ этого треска, движущагося со скоростью полета пули, большей обыкновенно, чѣмъ скорость распространенія звука, долженъ быть еще слышенъ трескъ пороховыхъ газовъ, распространяющійся съ обычной скоростью звука. Слышны, слѣдовательно, *два*, раздѣльныхъ во времени, взрыва. Этотъ фактъ долгое время оставался совершенно неизвѣстнымъ людямъ практики, а когда онъ сталъ извѣстенъ, находилъ порой весьма рискованное объясненіе. Это обстоятельство, какъ и тотъ фактъ, что въ концѣ концовъ было признано правильнымъ мое объясненіе, служатъ, мнѣ кажется, достаточнымъ доказательствомъ того, что подобнаго рода изслѣдованія не остаются совершенно безполезными и въ практическомъ отношеніи. Что явленіями треска и искры пользуются для оцѣнки разстоянія, на которомъ находятся баттареи, изъ коихъ палятъ общеизвѣстно. Очевидно также, что неясное теоретическое объясненіе процессовъ можетъ повредить и правильности практической оцѣнки.

Всякому, кто впервые это слышитъ, можетъ показаться довольно страннымъ, что *одинъ* выстрѣлъ вызываетъ *двойной* трескъ и притомъ двухъ различныхъ скоростей распространенія. Но вспомнимъ, что пули, скорость полета которыхъ меньше скорости распространенія звука, не вызываютъ *никакихъ* головныхъ волнъ, ибо каждый, сообщенный воздуху, импульсъ распространяется со скоростью звука и, слѣдовательно, летитъ впереди пули. Это соображеніе, если послѣдовательно развить его, объясняетъ намъ и упомянутое, странное съ перваго взгляда, явленіе. Если пуля движется скорѣе, чѣмъ распространяется звукъ, то воздухъ не можетъ поспѣвать за ней. Онъ сгущается и нагрѣвается, вслѣдствіе чего возрастаетъ, какъ извѣстно, скорость звука, пока скорость распространенія головной волны не достигаетъ скорости полета пули, и причина дальнѣйшаго возрастанія скорости волнъ исчезаетъ. Если бы такая волна была предоставлена самой себѣ, она удлинилась бы и превратилась бы въ обыкновенную звуковую волну съ меньшей скоростью распространенія. Но пуля находится позади нея, поддерживая ея сгущенность и скорость. Если даже пуля пробиваетъ картонъ или доску, такъ что головная волна задержи-

вается, то на пробивающемся остріѣ пули сейчасъ же образуется новая, молодая можно сказать, головная волна (см. фигуру 55). На картонѣ можно наблюдать отраженіе и отклоненіе, а на пламени — преломленіе головной волны, такъ что относительно природы ея не можетъ быть ни малѣйшаго сомнѣнія.



Фиг. 55.

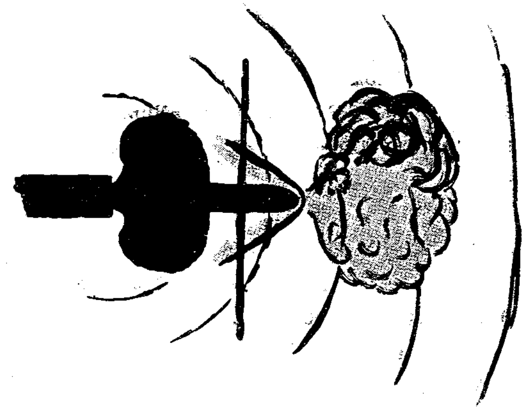
Я позволю себѣ еще самое существенное изъ всего сказаннаго выше иллюстрировать однимъ схематическимъ рисункомъ, набросаннымъ по болѣе старымъ, менѣе совершеннымъ фотографіямъ. На фигурѣ 56 вы видите пулю, которая только что оставила дуло ружья и, прикоснувшись къ проволокѣ, разрядила банку и вызвала свѣтящуюся искру. Вы видите у заостреннаго начала ея начатки мощной головной волны, но впереди ея—прозрачный грибообразный клубокъ. Это—воздухъ, вытѣсненный пулей изъ дула ружья. Исходятъ также изъ этого дула дугообразныя звуковыя волны, сопровождающіяся трескомъ, но онѣ скоро обгоняются пулей. Позади пули движется непрозрачный грибъ пороховыхъ газовъ.

Врядъ-ли нужно указывать на то, что, руководствуясь этимъ методомъ, можно изучить и другіе вопросы, относящіеся къ баллистикѣ, какъ напримѣръ, движеніе лафета во время стрѣльбы и т. д.

Одинъ выдающійся французскій артиллеристъ, Gossot, воспользовался изложенными здѣсь представленіями насчетъ головной волны для другой цѣли. Скорость полета пуль опредѣляется обычно слѣдующимъ образомъ: устанавливаются на различныхъ пунктахъ проволочныя сѣтки; пуля, пролетая, разрываетъ ихъ и тѣмъ вызываетъ электромагнитные сигналы на падающихъ рельсахъ или вращающихся барабанахъ. Gossot устроилъ такъ, что эти сигналы вызывались непосредственно ударомъ головной волны; этимъ онъ сдѣлалъ излишней сѣтку и кромѣ того получилъ возможность измѣрить скорость полета пуль, пролетающихъ на большой высотѣ, т. е.

въ случаяхъ, въ которыхъ проволочныя сѣтки совершенно непригодны.

Законы сопротивленія жидкостей и воздуха представляютъ собою вопросы весьма сложные. Можно, конечно, различными фило-



Фиг. 56.

софскими построеніями весьма просто рѣшить проблему, что и дѣлалось довольно часто. Одно и то-же тѣло, двигаясь съ удвоенной, утроенной и т. д. скоростью, вытѣсняетъ въ то-же время вдвое, втрое и т. д. больше жидкости или воздуха и *кромѣ того* сообщаетъ ей вдвое, втрое и т. д. большую скорость. Но для этого необходима въ четыре, въ девять и т. д. разъ большая сила. Сопротивленіе, слѣдовательно, возрастаетъ пропорціонально квадрату скорости.

Все какъ будто очень хорошо, просто и очевидно. Вся бѣда въ томъ, что практика и знать не хочетъ объ этой простой теоріи; по ней оказывается, что если увеличить скорость, то законъ сопротивленія измѣняется. Измѣненіямъ скорости въ однихъ предѣлахъ соотвѣтствуетъ одинъ законъ измѣненія сопротивленія, измѣненіямъ скорости въ другихъ предѣлахъ—другой и т. д.

Внесли въ этотъ вопросъ нѣкоторый свѣтъ изслѣдованія геніальнаго англійскаго корабельнаго инженера Froude'а. Онъ показалъ, что сопротивленіе зависитъ отъ комбинаціи процессовъ весьма разнородныхъ. Движущійся по водѣ корабль трется о воду, вызываетъ въ ней водоворотъ и кромѣ того еще волны, которыя и расходятся вдаль отъ нея. Каждый изъ этихъ процессовъ зависитъ отъ скорости, но зависимость каждаго изъ нихъ *другая*, а потому

и нѣтъ ничего удивительнаго, если законъ сопротивленія не столь простъ.

Изложенныя здѣсь наблюденія наводятъ на вполнѣ аналогичныя-же разсужденія относительно пуль. И здѣсь мы имѣемъ треніе, образованіе вихрей и волнъ. Нѣтъ, поэтому, ничего удивительнаго, если законъ сопротивленія воздуха не простъ. Насъ, поэтому, не должно поражать, когда практика показываетъ, что законъ сопротивленія существенно измѣняется, какъ только скорость полета пули превышаетъ скорость звука: вѣдь, именно здѣсь только вообще, начинаетъ дѣйствовать одинъ изъ элементовъ сопротивленія, именно, образованіе волнъ.

Никто не усомнится въ томъ, что пуля съ острымъ концомъ съ меньшимъ сопротивленіемъ прорѣзываетъ воздухъ. Что у такихъ пуль головная волна слабѣе, доказываютъ и фотографическіе снимки. Не невозможно, поэтому, чтобы были придуманы такія формы пуль, которыя обусловливали-бы болѣе слабое образованіе вихрей и т. д. и чтобы относящіеся сюда процессы были изучены при помощи фотографіи. Судя однако по тѣмъ немногимъ опытамъ, которые я произвелъ въ этомъ направленіи, я *не* думаю, чтобы при *большихъ* скоростяхъ можно было многаго еще достичь измѣненіемъ формы пули, но, впрочемъ, подробно я этимъ вопросомъ не занимался.

Подобнаго рода изслѣдованія, по меньшей мѣрѣ, *не повредятъ* артиллерійской практикѣ. Это столь-же несомнѣнно, какъ несомнѣнно то, что предпринятые въ большомъ масштабѣ эксперименты артиллеристовъ *навѣрное принесутъ пользу* физикѣ.

Кто имѣлъ случай познакомиться съ современными огнестрѣльными орудіями и пулями въ наиболѣе совершенныхъ ихъ формахъ, узнать силу и точность ихъ дѣйствія, тотъ долженъ сознаться, что эти вещи воплощаютъ въ себѣ огромный техническій, какъ и высокій научный прогрессъ. Впечатлѣніе это столь сильно, что порой совершенно забываешь, для какихъ страшныхъ цѣлей эти вещи предназначаются.

Позвольте мнѣ прежде, чѣмъ разстаться, сказать еще нѣсколько словъ насчетъ этого контраста. Величайшій воинъ и молчальникъ нашего времени утверждалъ, что вѣчный миръ есть сонъ и даже не прекрасный сонъ. Мы можемъ положиться въ этихъ вопросахъ на этого великаго знатока людей и прекрасно можемъ понять страхъ солдатъ передъ тѣмъ, какъ бы не опуститься въ случаѣ слишкомъ долговременнаго мира. Но для того, чтобы не надѣяться на существенныя перемѣны въ интернаціональныхъ отношеніяхъ,

необходима очень ужъ сильная вѣра въ неодолимость средневѣковаго варварства. Вспомнимъ нашихъ предковъ, вспомнимъ эпоху кулачнаго права, когда въ предѣлахъ *одной и той же* страны, одного и того-же государства, люди съ такой жестокостью нападали другъ на друга и оборонялись. Это положеніе дѣлъ стало столь угнетающимъ, что въ концѣ концовъ самыя разнообразныя обстоятельства привели къ тому, что ему положенъ былъ конецъ. И больше даже всего въ этомъ направленіи было сдѣлано пушкой. Этимъ кулачное право не было еще, правда, устранено изъ міра; оно воплотилось только въ кулаки другого рода. Да и не слѣдуетъ также предаваться иллюзіямъ, которыми увлекался Руссо. Въ извѣстномъ смыслѣ вопросы права навсегда останутся также и вопросами силы. Весьма важно здѣсь только то, въ чьихъ рукахъ эта сила. Вѣдь, вотъ даже въ Соединенныхъ Штатахъ, гдѣ основнымъ принципомъ государства является равное право для всѣхъ, избирательная записка есть, согласно превосходному замѣчанію *I. Сталло*, лишь суррогатъ палки. Вы прекрасно знаете, что и нѣкоторые изъ нашихъ согражданъ очень даже любятъ еще старину. Но съ прогрессомъ культуры, сношенія между людьми все-же, хотя очень и очень медленно, принимаютъ болѣе мягкія формы, и всякій, кто знаетъ «доброе старое время», врядъ-ли на самомъ дѣлѣ пожелаетъ, чтобы оно вернулось, хотя поэзія и рисуетъ намъ его столь прекраснымъ.

Но въ сношеніяхъ между народами старое, грубое кулачное право еще сохранилось. Но это положеніе дѣлъ наноситъ слишкомъ уже большой вредъ интеллектуальнымъ, матеріальнымъ и моральнымъ силамъ народовъ; давя съ одинаковой силой въ мирѣ, какъ и во время войны, на побѣдителей, какъ на побѣжденныхъ, оно становится все болѣе и болѣе несноснымъ. Къ счастью, и мышленіе и обсужденіе дѣлъ перестали быть исключительнымъ достояніемъ тѣхъ, которые скромно причисляютъ себя къ «верхнимъ десятитысячъ». Какъ и вездѣ, зло и здѣсь *само* пробудитъ интеллектуальныя и этическія силы, которыя съумѣютъ уменьшить его. Пусть расовая и національная ненависть справляетъ свои оргіи, международныя сношенія становятся все шире и вмѣстѣ съ тѣмъ тѣснѣе [1]).

[1]) [Интернаціональныя сношенія, къ счастью, все болѣе и болѣе развиваются. Однимъ изъ проявленій этого развитія является связь между академіями наукъ Геттингена, Лейпцига, Мюнхена и Вѣны, возникшая по предложенію берлинскихъ и вѣнскихъ ученыхъ и по предложенію лондонскаго Royal Society расширившаяся въ интернаціональный союзъ академій. Правда,

Рядомъ съ вопросами, которые служатъ къ раздѣленію народовъ, все яснѣе и съ большей силой выступаютъ великія общія цѣли, которыя въ будущемъ будутъ поглощать всѣ силы людей.

такой союзъ далеко не достаточенъ для рѣшенія всѣхъ тѣхъ задачъ, которыя хотѣлъ бы возложить на него съ самыми благородными намѣреніями *F. Keményi* (Entwurf einer internationalen Gesamt-Akademie: „Weltakademie". Leipzig 1901). Въ особенности мы довольно далеки еще отъ осуществленія идей мира. Въ этомъ направленіи ничего хорошаго ожидать нельзя прежде всего отъ всѣхъ тѣхъ людей, которые для своихъ личныхъ выгодъ сѣютъ вражду между народами. Вспомнимъ, далѣе, тотъ фактъ, что въ 1870 году, когда разразилась война между французами и нѣмцами, интересъ «высшихъ» слоевъ общества выразился въ назначеніи высокихъ призовъ за перваго убитаго француза и перваго нѣмца. Съ ясностью, возбуждающей омерзѣніе, здѣсь проявляется и преступно злобная точка зрѣнія на войну, какъ на спортъ, и страшное пренебреженіе къ наиболѣе тяжко потерпѣвшей массѣ чужого и собственнаго народа, къ несчастному крестьянину и фабричному рабочему. Пусть представятъ себѣ эту «благородную» точку зрѣнія mutatis mutandis у неимущихъ классовъ и пусть попробуютъ—но по совѣсти!—возмущаться послѣдствіями, которыя могли бы проистекать отсюда. Наконецъ, обратите вниманіе на множество людей средняго сословія, которые доходятъ до крайности, до уничтоженія противника или конкуррента, если это возможно, защищая свое мнимое право, а иногда вполнѣ даже сознавая свою неправоту. Это только возмутительно, когда эти господа выступаютъ въ защиту общаго мира. Для воплощенія этой идеи въ жизнь необходимо прежде всего идеальное этическое воспитаніе, этическое воззрѣніе, которое можетъ развиться только въ нравственной семьѣ. Государство этого достичь не можетъ: оно эгоистично. Постепеннаго смягченія этого положенія дѣлъ можно ожидать отъ нивеллирующихъ сношеній въ средѣ даннаго народа и отъ тѣснаго соприкосновенія между представителями молодого поколѣнія различныхъ народовъ. Можетъ быть, посодѣйствуетъ этому сокращеніе стоимости путешествій, такъ что и менѣе состоятельныя семьи различныхъ націй чаще смогутъ посылать дѣтей своихъ другъ къ другу, хотя бы на время каникулъ. Какъ далека еще отъ практическаго осуществленія идея мира, мы видѣли недавно въ южной Африкѣ и Китаѣ, сейчасъ же послѣ попытки созданія интернаціональнаго третейскаго суда. При всемъ томъ всѣ тѣ, кто содѣйствовалъ выясненію этой идеи, хотя бы только теоретически или академически, и тѣмъ подготовили почву для дальнѣйшаго ея развитія, могутъ быть увѣрены въ величайшей благодарности будущихъ поколѣній.—1902]

XIX.

Объ оріентирующихъ ощущеніяхъ [1]).

Въ теченіе послѣдней четверти XIX-го столѣтія значительно подвинулось впередъ наше знакомство со средствами, при помощи которыхъ мы оріентируемся относительно нашего положенія и движенія въ пространствѣ. Достигнуто это было совмѣстной работой цѣлаго ряда изслѣдователей, среди которыхъ прежде всего слѣдуетъ назвать *Гольца* въ Страсбургѣ и *Брейера* въ Вѣнѣ. Проф. *Оберштейнеръ* познакомилъ уже васъ съ *физіологической* стороной тѣхъ процессовъ, съ которыми связаны наши двигательныя ощущенія или—выражаясь въ болѣе общей формѣ—нашими оріентирующими ощущеніями. Я позволю себѣ сегодня освѣтить передъ вами преимущественно *физическую* сторону дѣла. Не будучи спеціалистомъ въ области физіологіи, я пришелъ къ этой области изслѣдованія, слѣдуя лишь безпристрастно за собственными своими мыслями, вызванными наблюденіемъ совершенно простыхъ и общеизвѣстныхъ физическихъ фактовъ. Этотъ путь, совершенно свободный отъ всякихъ предвзятыхъ идей, будетъ наиболѣе подходящимъ, я надѣюсь, путемъ и для большинства изъ васъ, если вы пожелаете слѣдить за моимъ разсказомъ.

Для того, чтобы привести тѣло въ движеніе въ опредѣленномъ направленіи, необходимо давленіе, необходима сила; чтобы тѣло, движущееся въ опредѣленномъ направленіи, внезапно остановить, необходимо давленіе въ направленіи противоположномъ. Въ этомъ никогда не могъ сомнѣваться и человѣкъ простой, но со здравымъ умомъ. Если законъ инерціи нашелъ точную формулировку лишь у *Галилея*, то относящійся

[1]) Докладъ, прочитанный 24-го февраля 1897 г. въ союзѣ для распространенія естественно-научныхъ знаній въ Вѣнѣ.

сюда фактъ былъ же извѣстенъ задолго еще до этого такимъ людямъ, какъ *Леонардо-да-Винчи*, *Раблэ* и др., которые часто иллюстрировали его превосходными примѣрами. *Леонардо* зналъ, что если изъ столба изъ шашекъ сильнымъ ударомъ линейки выбить одну шашку, столбъ не распадется. Извѣстенъ также съ давнихъ поръ и другой опытъ подобнаго рода: если прикрыть кубокъ картономъ, положить на послѣдній монету и затѣмъ быстро отдернуть картонъ, то монета падаетъ въ кубокъ.

У *Галилея* знаніе этого факта достигаетъ лишь большей силы и ясности. Въ знаменитомъ діалогѣ о системѣ *Коперника*, за который онъ заплатилъ своей свободой, онъ даетъ неудачное, но *въ принципѣ* все же вѣрное, объясненіе волны прилива при помощи движимой взадъ и впередъ чашки, наполненной водой. Аристотелики его времени полагали, что если положить на тяжелое тѣло, когда оно падаетъ на землю, другое тѣло, то оно будетъ падать съ большей быстротой. *Галилей* же доказывалъ имъ, что тѣло только *тогда* можетъ получить ускореніе отъ другого тѣла, лежащаго на немъ, если оно ему мѣшаетъ падать. *Падающее* тѣло не можетъ подвергаться давленію со стороны тѣла, лежащаго надъ нимъ, какъ не можетъ человѣкъ поразить копьемъ другого человѣка, если этотъ послѣдній убѣгаетъ отъ него съ *той же* скоростью, съ которой бѣжитъ и онъ. Уже однихъ этихъ немногихъ свѣдѣній изъ физики достаточно, чтобы выяснить намъ многое. Вамъ знакомо, вѣроятно, то своеобразное ощущеніе, которое чувствуешь при паденіи, если спрыгнуть, напримѣръ, съ значительной высоты въ воду, въ меньшей мѣрѣ— въ подъемной машинѣ въ моментъ, когда она начинаетъ опускаться внизъ, или также на качеляхъ. Взаимное давленіе различныхъ частей нашего тѣла, которое какимъ-нибудь образомъ да ощущается же, въ случаѣ свободнаго паденія *исчезаетъ*, или—въ подъемной машинѣ, когда она начинаетъ опускаться—по крайней мѣрѣ, ослабляется. Подобное же ощущеніе мы должны были бы почувствовать, если бы вдругъ очутились на лунѣ съ ея *меньшимъ* ускореніемъ паденія. На эти размышленія меня навели (1866 г.) нѣкоторыя физическія наблюденія. Принявъ въ соображеніе измѣненія въ давленіи крови въ упомянутыхъ случаяхъ, я, самъ этого не подозрѣвая, столкнулся въ нѣкоторыхъ пунктахъ съ *Wollaston'омъ* и *Пуркинье*. Первый уже въ 1810 г. говоритъ въ своей книгѣ «Croonian lecture» о «sea sickness» (морской болѣзни) и сводитъ ее къ измѣненіямъ въ давленіи крови, а второй

(1820—1826) подобныя же соображенія положилъ въ основу своего объясненія явленій головокруженія [1]).

Только *Ньютонъ* впервые въ самой общей формѣ выразилъ мысль, что тѣло можетъ измѣнить *скорость* и *направленіе* своего движенія только въ случаѣ воздѣйствія на него какой-нибудь *силы* и, слѣдовательно, только при содѣйствіи *другого* тѣла. Отсюда слѣдуетъ—и этотъ выводъ впервые сдѣлалъ въ вполнѣ ясной формѣ лишь *Эйлеръ*,—что тѣло не можетъ приходить во *вращательное* движеніе, ни прекратить это движеніе, само, а только подъ дѣйствіемъ силъ и другихъ тѣлъ. Откройте, напримѣръ, ваши карманные часы, которые остановились, и вращайте ихъ взадъ и впередъ въ рукѣ; часовой балансъ отстаетъ отъ всякаго, болѣе быстраго вращенія, даже отъ упругой силы пружины, которая оказывается слишкомъ слабой для того, чтобы вполнѣ увлечь его въ своемъ движеніи.

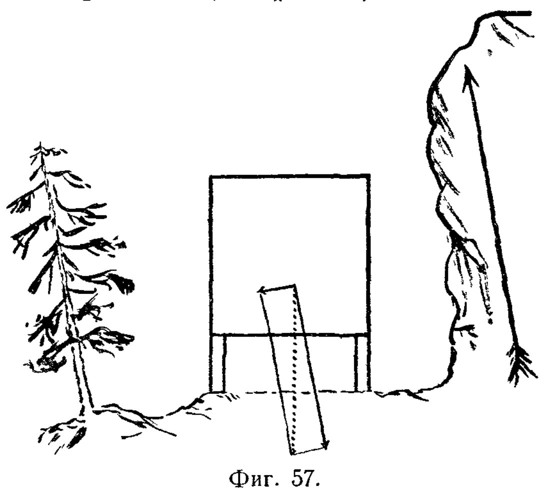
Примемъ еще въ соображеніе, что всегда, когда бы мы ни двигались—двигаемся ли мы *сами*, на собственныхъ ногахъ, или же на лошадяхъ, въ лодкѣ и т. д. — *непосредственно* движется сперва только часть нашего тѣла, а остальная часть движется черезъ ея посредство. Мы замѣчаемъ тогда, что при этомъ получаются дѣйствія давленія, растяженія, напряженія однѣхъ частей тѣла на другія. Эти дѣйствія вызываютъ ощущенія, по которымъ мы и узнаемъ о поступательныхъ или вращательныхъ движеніяхъ, въ которыя мы приходимъ [2]). Но эти ощущенія, къ которымъ мы столь привыкли, естественно, мало обращаютъ на себя вниманіе, привлекая его только тогда, когда эти движенія происходятъ при особыхъ условіяхъ, какъ-нибудь неожиданно или съ необычной силой.

---

[1]) *Wollaston*, Phil Transact. Royal. Soc. London, 1810. Здѣсь же авторъ описываетъ и объясняетъ также явленіе мышечнаго шума. На эту работу недавно обратилъ мое вниманіе *W. Pauli.—Purkinje*, Prager Medizin. Jahrbücher, Bd. 6, Wien, 1820.

[2]) Такъ и нѣкоторыя *внѣшнія* силы не дѣйствуютъ сейчасъ же на всѣ части земли, а *внутреннія* силы, вызывающія деформаціи, *непосредственно* дѣйствуютъ сначала только на ограниченныя части. Будь земля—существо ощущающее, волна прилива и нѣкоторые другіе процессы вызывали бы въ ней подобныя же ощущенія, какія вызываетъ въ насъ наше движеніе. Возможно, что тѣ небольшія измѣненія высоты полюсовъ, надъ изученіемъ которыхъ многіе въ настоящее время работаютъ, связаны съ непрерывными небольшими деформаціями центральнаго эллипсоида, обусловленными сейсмическими процессами.

Такъ и мое вниманіе было возбуждено одинъ разъ ощущеніемъ при паденіи и другой разъ—другимъ своеобразнымъ ощущеніемъ. Сидя въ вагонѣ желѣзной дороги, который въ этотъ моментъ огибалъ кривую съ большимъ радіусомъ кривизны, я вдругъ замѣтилъ, что всѣ деревья, дома, фабричныя трубы, стоявшія близъ дороги, вмѣсто вертикальнаго приняли замѣтное косое положеніе. Явленіе, которое до сихъ поръ казалось мнѣ чѣмъ-то само собой понятнымъ—что мы такъ хорошо и ясно отличаемъ вертикальное направленіе отъ всякаго другого,—вдругъ стало для меня загадкой. Какъ одно и то же направленіе могло мнѣ показаться одинъ разъ вертикальнымъ, а другой разъ инымъ? Чѣмъ отличается для насъ вертикальное направленіе? (См. фиг. 57).



Фиг. 57.

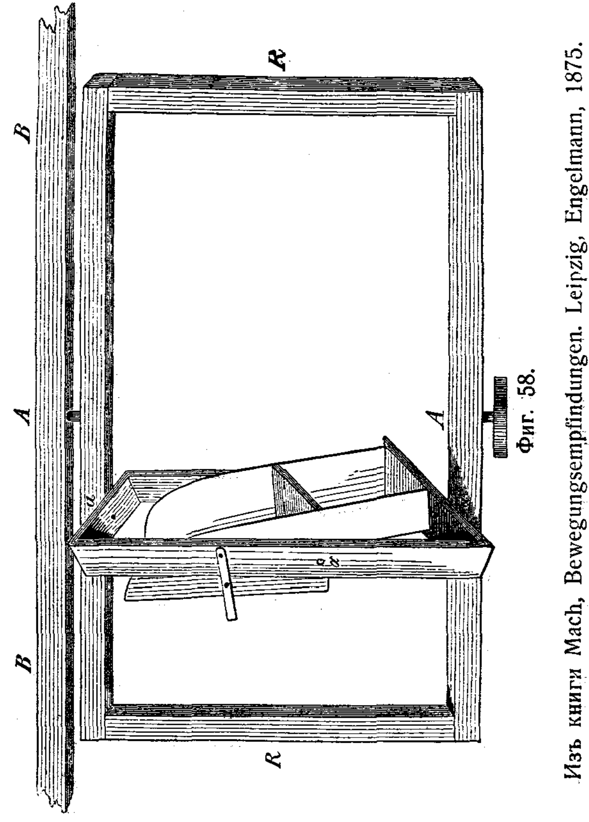
Рельсъ дѣлается на выпуклой сторонѣ пути выше для того, чтобы обезпечить устойчивость вагона, несмотря на его центробѣжную силу, такъ что сложеніемъ силы тяжести и центробѣжной силы получается опять сила, перпендикулярная къ плоскости рельса.

Поэтому если мы принимаемъ, что направленіе всего *ускоренія массъ*, каковъ бы ни былъ его источникъ, при всѣхъ условіяхъ, такъ или иначе ощущается нами, какъ направленіе *вертикальное*, то и обычныя и необычныя явленія находятъ *одно и то же объясненіе* [1]).

---

[1]) Съ точки зрѣнія излюбленнаго метода объясненія при помощи безсознательныхъ умозаключеній дѣло это довольно просто. Мы считаемъ положеніе вагона вертикальнымъ и потому «безсознательно» умозаключаемъ

Я почувствовалъ потребность провѣрить достигнутое мною воззрѣніе болѣе удобнымъ и точнымъ образомъ, чѣмъ это возможно



Фиг. 58.

Изъ книги Mach, Bewegungsempfindungen. Leipzig, Engelmann, 1875.

въ вагонѣ желѣзной дороги, когда рѣшающія условія не въ вашихъ рукахъ и не могутъ быть измѣнены по произволу. Для этой цѣли я построилъ простой аппаратъ, изображенный на фиг. 58.

Въ большой рамѣ *B*, прикрѣпленной къ стѣнамъ комнаты, вращается около перпендикулярной къ ней оси *AA* вторая рама *R*. Въ ней находится третья рама *r*, которая можетъ быть помѣщена на любомъ разстояніи отъ оси и въ любомъ положеніи. Она или укрѣплена неподвижно или такъ, что тоже можетъ вращаться, а въ ней укрѣпленъ стулъ для наблюдателя.

Наблюдатель садится на стулъ и для устраненія всѣхъ вліяній,

отсюда къ косому положенію деревьевъ. Правда, съ точки зрѣнія этой теоріи было бы одинаково ясно и противоположное: что мы положеніе деревьевъ считаемъ вертикальнымъ и отсюда умозаключаемъ къ косому положенію вагона.

которыя могли бы подѣйствовать искажающимъ образомъ на его сужденіе, совершенно замыкается въ картонную коробку. Когда рама *r* вмѣстѣ съ коробкой и наблюдателемъ приходитъ въ равномѣрное вращательное движеніе, наблюдатель чувствуетъ и видитъ весьма ясно начало движенія, оцѣниваетъ и направленіе и размѣры его, хотя для оцѣнки процесса нѣтъ никакого внѣшняго опорнаго пункта, ни видимаго, ни осязаемаго. При равномѣрномъ продолженіи движенія ощущеніе вращенія постепенно исчезаетъ *совершенно* и кажется, будто сидишь совершенно спокойно. Но если рама *r* находится *внѣ* оси вращенія, то при самомъ началѣ вращенія появляется какъ будто замѣтный, *чувствуемый* и *видимый* наклонъ всей картонной коробки, меньшій въ случаѣ медленнаго и большій въ случаѣ болѣе быстраго вращенія, и это впечатлѣніе остается до тѣхъ поръ, покуда продолжается вращеніе. И это наклонное положеніе воспринимается съ неодолимой силой, хотя и здѣсь нѣтъ никакихъ внѣшнихъ опорныхъ пунктовъ для сужденія. Если наблюдатель сидитъ, напримѣръ, такъ, что взглядъ его обращенъ къ оси, то ему кажется, что коробка сильно наклонена книзу, какъ оно и должно быть, если направленіе всей силы ощущается, какъ вертикальное. Аналогично обстоитъ дѣло въ случаѣ другихъ положеній наблюдателя [1]).

Затѣмъ я нѣсколько видоизмѣнилъ опытъ. Послѣ продолжительнаго вращенія, котораго я не воспринималъ болѣе, я велѣлъ внезапно остановить аппаратъ. Я тотчасъ же *почувствовалъ* и *увидѣлъ*, что я вмѣстѣ съ коробкой быстро вращаюсь въ противоположную сторону, хотя я и зналъ, что теперь именно все остается въ покоѣ, и хотя опять не было для этого представленія движенія никакого внѣшняго опорнаго пункта. Всякому, кто отрицаетъ существованіе двигательныхъ ощущеній, слѣдовало бы познакомиться съ этими явленіями. Если бы ихъ зналъ *Ньютонъ*, если бы онъ испыталъ на опытѣ, какъ человѣку кажется, будто онъ вращается и перемѣщается въ пространствѣ, хотя и нѣтъ никакихъ неподвижныхъ тѣлъ для сравненія, онъ еще больше, безъ сомнѣнія. увѣрился бы въ правильности своихъ неудачныхъ умозрѣній насчетъ абсолютнаго пространства.

---

[1]) Нетрудно замѣтить, что точка зрѣнія моя, какъ и экспериментальный методъ, которымъ я здѣсь пользуюсь, весьма родственны тѣмъ, которые привели *Кнайта* къ изученію геотропизма растеній (см. *Knight*, Philosoph. Transactions, 9 Jänner 1806). Отношенія между геотропизмомъ растеній и геотропизмомъ животныхъ были недавно подробно выяснены *I. Лебомъ*.

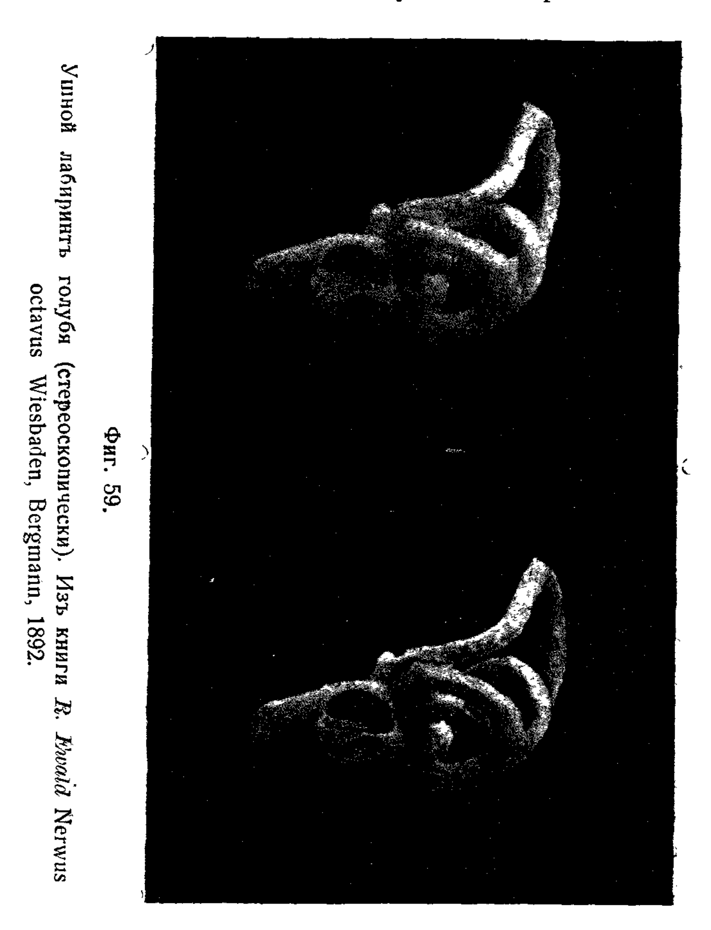
Появляющееся при остановкѣ аппарата ощущеніе, будто вращаешься въ противоположную сторону, медленно и постепенно ослабляется. Но однажды я во время этого процесса случайно нагнулъ голову и тотчасъ же вмѣстѣ съ ней нагнулась въ томъ же направленіи и въ тѣхъ же размѣрахъ и ось мнимаго вращенія. Такимъ образомъ стало ясно одно: ощущается *ускореніе* или замедленіе вращенія. *Ускореніе* дѣйствуетъ, какъ *раздраженіе*. Но съ постепеннымъ ослабленіемъ раздраженія, ощущеніе это, подобно всѣмъ почти ощущеніямъ, ослабляется медленнѣе, чѣмъ оно. Отсюда—продолжительное кажущееся вращеніе послѣ остановки аппарата. Но органъ, при посредствѣ котораго это ощущеніе получается, долженъ находиться *въ головѣ*, ибо иначе ось кажущагося вращенія не наклонялась бы вмѣстѣ съ наклономъ головы.

Если бы я сказалъ, что въ моментъ этихъ послѣднихъ наблюденій, явленія эти озарились для меня извѣстнымъ свѣтомъ, выраженіе это было бы не совсѣмъ правильно. Нѣтъ, то былъ не свѣтъ, а цѣлая иллюминація. Я вспомнилъ явленія головокруженія, наблюденныя мною въ эпоху юности. Я вспомнилъ опыты *Флуранса* съ перерѣзываніемъ полукружныхъ каналовъ ушного лабиринта у голубей и кроликовъ. *Флурансъ* наблюдалъ здѣсь подобныя же явленія головокруженія, но, поддавшись вліянію акустической точки зрѣнія на лабиринтъ, онъ истолковалъ ихъ, какъ проявленія болѣзненныхъ нарушеній слуха. Я сейчасъ же понялъ, что такой изслѣдователь, какъ *Гольцъ*, если не вполнѣ, то почти вполнѣ понялъ роль полукружныхъ каналовъ. Руководствуясь только собственными своими мыслями, не обращая никакого вниманія на установившіеся взгляды, *Гольцъ* сумѣлъ вообще много сдѣлать въ наукѣ и еще на основаніи опытовъ только 1870 года онъ высказалъ слѣдующее: «Вопросъ о томъ, представляютъ ли полукружные каналы органы слуха, мы оставимъ въ сторонѣ. Но кромѣ того они образуютъ органъ, служащій для сохраненія равновѣсія. Можно сказать, что они—органы чувствъ для равновѣсія головы и — посредственно—всего тѣла». Я вспомнилъ наблюденное *Риттеромъ* и *Пуркинье* головокруженіе при пропусканіи электрическаго тока поперекъ головы, причемъ испытуемымъ лицамъ казалось, будто они падаютъ по направленію къ катоду. Опытъ былъ сейчасъ повторенъ, и нѣсколько позже (1874) мнѣ удалось объективно продемонстрировать его на рыбахъ, которыя въ полѣ тока, какъ бы по командѣ, укладывались всѣ въ одномъ и томъ же направленіи [1]).

[1]) Опытъ этотъ имѣетъ много родственныхъ чертъ съ «гальванотроп-

И я пришелъ къ тому заключенію, что всѣ эти старыя и новыя наблюденія объединяются въ одну простую связь ученіемъ *I. Мюллера* о специфическихъ энергіяхъ.

И, дѣйствительно, вспомнимъ слуховой лабиринтъ съ его тремя



Фиг. 59.

Ушной лабиринтъ голубя (стереоскопически). Изъ книги *R. Ewald* Nerwus octavus Wiesbaden, Bergmann, 1892.

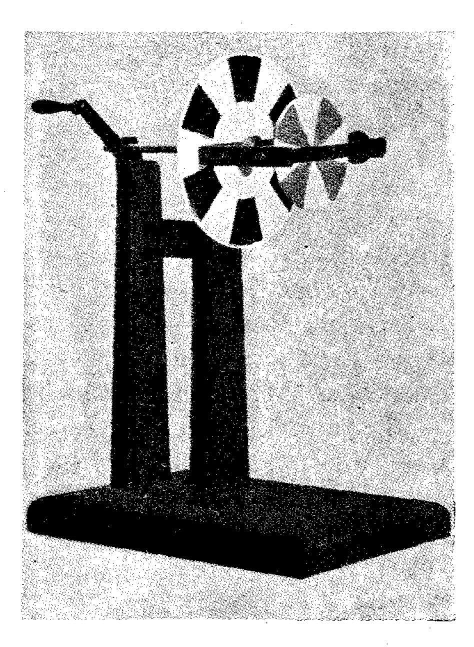
полукружными каналами, расположенными въ трехъ перпендикулярныхъ другъ къ другу плоскостяхъ (см. фиг. 59). Сколько возможныхъ и невозможныхъ объясненій было дано уже этому, столь загадочному, расположенію ихъ! Представимъ себѣ, что нервы ампуллъ (расширеній) полукружныхъ каналовъ обладаютъ свойствомъ реаги-

---

нымъ» опытомъ (надъ личинками лягушки), описаннымъ лѣтъ 10 спустя *Л. Германномъ*. См. относительно этого мою замѣтку въ Anzeiger der Wiener Akademie, 1886, Nr. 21. Новѣйшіе опыты въ области гальванотропизма принадлежитъ *I. Лебу*.

ровать на любое раздраженіе ощущеніемъ вращенія, подобно тому, какъ нервы сѣтчатки глаза, напримѣръ, реагируютъ на давленіе, электрическое, химическое и т. д. раздраженіе всегда только ощущеніемъ свѣта. Представимъ себѣ далѣе, что обыкновенное раздраженіе нервовъ ампуллъ вызывается инерціей содержимаго полукружныхъ каналовъ, которое при соотвѣтствующихъ вращеніяхъ въ плоскости даннаго канала отстаетъ или имѣетъ, по крайней мѣрѣ, стремленіе отстать и потому давитъ на нервъ. Нетрудно видѣть, что всѣ эти отдѣльные факты, которые безъ этихъ допущеній представляются именно, какъ совершенно разрозненныя, ничѣмъ между собой не связанныя странныя явленія, съ *одной* только *этой* точки зрѣнія становятся ясными и понятными.

Къ моей радости, сейчасъ же послѣ сообщенія моего, въ которомъ я изложилъ эту мысль [1]), появилось сообщеніе *Брейера* [2]), который, руководствуясь совершенно другими методами, пришелъ къ результатамъ во всѣхъ существенныхъ пунктахъ совпадающимъ съ моими. Нѣсколько недѣль спустя появилось и сообщеніе *Крума Броуна* въ Эдинбургѣ, пути изслѣдованія котораго были ближе къ моимъ. Работа *Брейера* была гораздо богаче, чѣмъ моя, физіологическими данными. Въ особенности онъ гораздо подробнѣе изслѣдовалъ вліяніе, которое оказываютъ на изслѣдуемыя нами явленія рефлекторныя движенія и оріентировка глазъ [3]). Кромѣ того опыты, предложенные мной для провѣрки правильности изложеннаго здѣсь объясненія, были продѣланы уже *Брейеромъ*. Много было сдѣлано также *Брейеромъ* и для дальнѣйшей разработки этой об-



Фиг. 60.

[1]) Wiener Akad., 6 November 1873.

[2]) Gesellschaft der Aerzte, 14 November 1875.

[3]) См. также мою книгу «Анализъ ощущеній». [Русскій переводъ въ изд. С. А. Скирмунта. Изд. 2-ое. Прим. пер.].

ласти. Съ точки зрѣнія физической была полнѣе, естественно, моя работа.

Чтобы наглядно представить функцію аппарата полукружныхъ каналовъ, я устроилъ слѣдующій небольшой аппаратъ (фиг. 60). Большой вращающійся дискъ изображаетъ костный полукружный каналъ, неподвижно связанный съ головой, а свободно вращающійся на первомъ дискѣ второй, меньшій дискъ изображаетъ подвижное, отчасти жидкое содержимое канала. Когда я вращаю большій дискъ, меньшій, какъ вы видите, сначала не двигается. Мнѣ долго приходится вращать прежде, чѣмъ онъ тоже, наконецъ, начинаетъ вращаться, увлеченный треніемъ. Но вотъ я останавливаю большой дискъ и меньшій продолжаетъ вращаться, какъ раньше.

Теперь представьте себѣ, будто вращеніе меньшаго диска въ одномъ направленіи, въ направленіи часовой стрѣлки, напримѣръ, вызываетъ ощущеніе вращенія въ противоположномъ направленіи и наоборотъ, и вы поймете значительную часть изложенныхъ здѣсь фактовъ. Остаются они также понятными, если меньшій дискъ не вращается въ дѣйствительности, а удерживается упругой пружиной, напряженіе которой вызываетъ ощущеніе. Представьте себѣ, что *три* такихъ аппарата съ тремя перпендикулярными другъ къ другу плоскостями вращенія соединены въ одинъ аппаратъ. Всякое вращательное движеніе, сообщенное этому послѣднему, сейчасъ же отмѣчается маленькими подвижными или укрѣпленными на пружинахъ дисками. Представьте себѣ, что подобнаго рода аппаратъ имѣется въ правомъ и въ лѣвомъ ухѣ. Этотъ аппаратъ соотвѣтствуетъ аппарату полукружныхъ каналовъ, изображенному на фиг. 59 въ стереоскопическомъ изображеніи уха голубя.

Я произвелъ много опытовъ надъ собой самимъ. Исходъ ихъ могъ быть предсказанъ на основаніи изложеннаго объясненія и работы модели, т. е. на основаніи правилъ механики. Изъ этихъ опытовъ приведу только *одинъ*. Я помѣщаю въ рамѣ *R* моего вращательнаго аппарата доску въ горизонтальномъ положеніи, ложусь на нее правымъ ухомъ внизъ и приказываю равномѣрно вращать аппаратъ. Какъ только я перестаю ощущать вращеніе, я поворачиваюсь лѣвымъ ухомъ внизъ и ощущеніе вращенія тотчасъ же вновь появляется съ полной живостью. Опытъ можетъ быть повторенъ сколько угодно разъ. Достаточно уже небольшого поворота головы, чтобы ощущеніе вращенія являлось опять, а когда я остаюсь совершенно въ покоѣ, оно сейчасъ же исчезаетъ.

Воспроизведемъ этотъ процессъ на модели. Я вращаю большій

дискъ. Въ концѣ концовъ вовлекается въ движеніе и меньшій дискъ. Но вотъ я, поддерживая равномѣрное вращеніе, пережигаю эту нитку. Меньшій дискъ дѣйствіемъ пружины поворачивается въ собственной своей плоскости (на 180°), такъ что онъ обращенъ къ вамъ только другой своей стороной, и онъ сейчасъ же начинаетъ вращаться въ противоположную сторону.

Такимъ образомъ есть весьма простое средство различать, находимся ли мы въ равномѣрномъ, но по обычнымъ признакамъ незамѣтномъ вращеніи, или нѣтъ. Если бы земля вращалась гораздо быстрѣе, чѣмъ она вращается въ дѣйствительности, или если бы нашъ аппаратъ полукружныхъ каналовъ былъ гораздо чувствительнѣе, то *Нансенъ,* будучи на сѣверномъ полюсѣ, во время сна при каждомъ поворотѣ пробуждался бы отъ ощущенія вращенія. При этихъ условіяхъ маятникъ *Фуко* для доказательства вращенія земли былъ бы совершенно излишенъ. Дѣйствительно, если мы съ помощью нашей модели не въ состояніи доказать вращенія земли, то причиной этого лишь небольшая угловая скорость земли и связанныя съ ней крупныя ошибки опыта [1]).

Аристотель говорилъ: «Сладчайшее — это познаніе». И онъ былъ правъ. Но если бы вы предположили, что и *обнародованіе* новаго воззрѣнія есть вещь весьма сладкая, то вы впали бы въ крупную ошибку. Никому не дано обезпокоить своихъ ближнихъ новымъ воззрѣніемъ безнаказанно. И эти ближніе совсѣмъ не виноваты. Необходимость измѣнить свое міровоззрѣніе въ какомъ-нибудь вопросѣ—вещь далеко не пріятная и прежде всего неудобная. Кто дошелъ до новаго воззрѣнія, тотъ прекрасно знаетъ, что этому воззрѣнію приходится преодолѣвать серьезныя затрудненія. Съ добросовѣстнымъ рвеніемъ, достойнымъ всяческой похвалы, люди ищутъ, что съ новымъ взглядомъ *не* находится въ согласіи. Ищутъ, нельзя ли извѣстные факты лучше, такъ же хорошо или, по крайней мѣрѣ, приблизительно такъ же хорошо объяснить съ точки зрѣнія установившихся взглядовъ. И этому можно найти оправданіе. Но слышатся и возраженія довольно безцеремонныя, которыя почти заставляютъ насъ замолкнуть. «Если бы существовало шестое чувство, оно было бы уже открыто много тысячелѣтій тому назадъ». Вѣдь, вотъ было же время, когда предпола-

---

1) Въ моей работѣ „Grundlinien der Lehre von den Bewegungsempfindungen", 1875, слѣдуетъ на стр. 20 вычеркнуть строки 4—13 снизу, какъ основанныя на ошибкѣ, на что я указывалъ уже въ другомъ мѣстѣ. О другомъ опытѣ, сходномъ съ опытомъ *Фуко,* см. мою книгу „Механика".

гали, что существуетъ только семь планетъ. Впрочемъ, я вовсе не думаю, чтобы кто-нибудь придавалъ особенно большое значенiе *филологическому* вопросу, слѣдуетъ ли затронутую область явленiй назвать чувствомъ. Область не исчезнетъ же, если исчезнетъ названiе. Приходилось мнѣ даже выслушивать и *такое* возраженiе: существуютъ же животныя *безъ* лабиринта, которыя *тѣмъ не менѣе* орiентируются въ пространствѣ; слѣдовательно, между лабиринтомъ и орiентировкой нѣтъ ничего общаго. Да, правда, наши ноги вовсе не служатъ для ходьбы, ибо передвигаются же змѣи безъ нихъ.

Но если провозвѣстникамъ новаго воззрѣнiя большой радости отъ опубликованiя его ожидать не приходится, то для дѣла этотъ критическiй процессъ весьма полезенъ. Всѣ недостатки новаго взгляда, отъ которыхъ въ самомъ началѣ онъ не можетъ же быть свободнымъ, одинъ за другимъ выясняются и постепенно устраняются. Переоцѣнка, преувеличенiя всякого рода должны уступить мѣсто болѣе трезвому отношенiю къ дѣлу. Такъ и здѣсь оказалось, что не *всѣ* функцiи орiентировки должны быть приписаны исключительно лабиринту. Въ этой критической работѣ приняли участiе и много сдѣлали такiе ученые, какъ *Делажъ*, *Аубертъ*, *Брейеръ*, *Эвальдъ* и др. Въ процессѣ этой работы, естественно, выяснились новые факты, которые на основанiи новаго воззрѣнiя можно было предвидѣть, которые отчасти были предсказаны заранѣе, что, конечно, свидѣтельствуетъ въ пользу этого воззрѣнiя. *Брейеру* и *Эвальду* удалось раздражать электрическимъ и механическимъ путемъ лабиринтъ и даже нѣкоторыя отдѣльныя его части и вызвать соотвѣтственныя движенiя. Удалось доказать, что съ устраненiемъ полукружныхъ каналовъ исчезаетъ головокруженiе, а съ устраненiемъ *всего* лабиринта исчезаетъ также и орiентировка головы, что безъ лабиринта электрическiй токъ не вызываетъ головокруженiя. Я самъ еще въ 1875 году устроилъ вращательный аппаратъ для наблюденiя въ немъ животныхъ во время вращенiя [1]). Впослѣдствiи онъ былъ изобрѣтенъ и многими другими въ самыхъ различныхъ формахъ и получилъ названiе циклостата. При помощи этого аппарата были произведены опыты надъ самыми различными животными. Между прочимъ оказалось, что личинки лягушки лишь тогда получаютъ головокруженiе въ такомъ

---

[1]) Anzeiger der Wiener Akad., 30 Dezember 1875. [См. также книгу тогоже автора „Анализъ ощущенiй", стр. 233—141. Изд. 2-ое. Скирмунта. Прим. пер.].

аппаратѣ, когда у нихъ уже развитъ аппаратъ полукружныхъ каналовъ, котораго первоначально у нихъ нѣтъ (*К. Шеферъ*).

Значительный процентъ глухонѣмыхъ страдаетъ тяжелыми заболѣваніями лабиринта. Американскій психологъ *У. Джемсъ* произвелъ рядъ опытовъ вращенія надъ многими глухонѣмыми и у большого числа изъ нихъ не нашелъ головокруженія. Констатировалъ онъ также у нѣкоторыхъ глухонѣмыхъ слѣдующее: когда они погружались въ воду, причемъ они теряли часть своего вѣса и на мышечное чувство полагаться было уже невозможно, они были совершенно дезоріентированы, не знали, гдѣ верхъ и гдѣ низъ и приходили отъ этого въ большой ужасъ. У людей нормальныхъ такія явленія не наблюдаются никогда. Такіе факты неоспоримо доказываютъ, что мы оріентируемся не только съ помощью *одного* лабиринта, хотя этотъ послѣдній и весьма важенъ для этого. *Крейдль* произвелъ подобные же опыты, какъ *Джемсъ*, и нашелъ, что у вращаемыхъ глухонѣмыхъ отсутствуютъ не только головокруженіе, но и рефлекторныя движенія глазъ, при нормальныхъ условіяхъ вызываемыя раздраженіемъ лабиринта. Наконецъ, д-ръ *Поллакъ* констатировалъ у значительнаго числа наблюденныхъ имъ глухонѣмыхъ отсутствіе гальваническаго головокруженія (вызваннаго дѣйствіемъ электрическаго тока). Не было ни тѣхъ движеній тѣла, ни тѣхъ движеній глазъ, которыя наблюдаются у нормальныхъ людей при опытѣ *Риттера-Пуркинье*.

Разъ *физику* удалось констатировать тотъ фактъ, что черезъ полукружные каналы вызывается ощущеніе вращенія или углового ускоренія, онъ почти не можетъ не задаться вопросомъ объ органахъ для ощущенія ускоренія поступательныхъ движеній. Вполнѣ естественно, если органъ для этой функціи онъ представляетъ себѣ въ той или другой родственной и пространственной связи съ полукружными каналами. Сюда присоединяются еще нѣкоторые *физіологическіе* моменты. Разъ установившемуся мнѣнію, будто *весь* лабиринтъ есть органъ слуха, нанесенъ извѣстный ударъ и разъ улиткѣ приписывается звуковое ощущеніе, а полукружнымъ каналамъ—ощущеніе углового ускоренія, то для дальнѣйшихъ функцій остается только преддверіе. Вотъ именно оно (и въ особенности мѣшочекъ), вслѣдствіе того, что оно содержитъ, такъ называемые, слуховые камни, казалось мнѣ подходящимъ органомъ для ощущенія поступательнаго ускоренія и положенія головы. И въ этомъ своемъ предположеніи я опять весьма близко соприкоснулся съ *Брейеромъ*.

Что существуютъ ощущенія положенія, направленія, и величины ускоренія массъ, доказываетъ опытъ въ подъемной машинѣ, доказываетъ движеніе по кривой линіи. Пробовалъ я также быстро создавать поступательное движеніе большой скорости и уничтожать его. Изъ многихъ пріемовъ, которыми я пользовался для этого, приведу здѣсь *одинъ*. Усѣвшись въ картонную коробку внѣ оси большого аппарата вращенія, я приводилъ его во вращательное движеніе. Послѣ того, какъ ощущеніе этого вращенія исчезало, я приказывалъ привести въ движеніе раму *r* и вдругъ приказывалъ остановить аппаратъ. Мое поступательное движеніе тогда прекращалось, но рама *r* продолжала вращаться. Мнѣ тогда казалось, что я лечу въ прямолинейномъ направленіи въ сторону, обратную сторонѣ заторможеннаго движенія. Вслѣдствіе разнообразныхъ обстоятельствъ, къ сожалѣнію, трудно здѣсь найти убѣдительное доказательство того, что соотвѣтственный органъ находится въ головѣ. По мнѣнію *Делажа*, лабиринтъ и съ *этимъ* ощущеніемъ движенія не имѣетъ ничего общаго. *Брейеръ* же того мнѣнія, что органъ для поступательныхъ движеній регрессировалъ въ своемъ развитіи у человѣка и время, въ которое соотвѣтственное ощущеніе сохраняется, слишкомъ коротко для того, чтобы дать столь же ясные эксперименты, какъ въ случаѣ вращенія. И, дѣйствительно, *Крумъ Броунъ*, будучи однажды въ состояніи раздраженія, наблюдалъ у себя самого своеобразныя явленія головокруженія, которыя всѣ можно было объяснить ненормально большой продолжительностью отголосковъ ощущенія вращенія. Случилось и мнѣ однажды въ аналогичномъ случаѣ наблюдать у себя нѣчто подобное: при остановкѣ желѣзнодорожнаго поѣзда мнимое обратное движеніе чувствовалось особенно сильно и долго.

Что мы ощущаемъ измѣненія вертикальнаго ускоренія, не подлежитъ ни малѣйшему сомнѣнію. Что черезъ отолитные органы преддверія вызывается ощущеніе *направленія* ускоренія массъ, становится *весьма* вѣроятнымъ къ виду всего изложеннаго. Но въ такомъ случаѣ приходится, если быть логичнымъ, принять, что послѣдніе органы способны къ ощущенію горизонтальныхъ ускореній.

У нисшихъ животныхъ органъ, аналогичный лабиринту, представляетъ собой наполненный жидкостью, слуховой мѣшочекъ съ покоющимися на волоскахъ кристаллами большого удѣльнаго вѣса, такъ называемыми, слуховыми камнями или отолитами. Эти отолиты физически весьма приспособлены, повидимому, для того,

чтобы отмѣчать направленіе тяжести, какъ и направленіе начинающагося движенія. Что имъ, дѣйствительно, слѣдуетъ приписать первую функцію, впервые доказалъ Делажъ своими опытами надъ нисшими животными: послѣ удаленія отолитнаго органа животныя были совершенно дезоріентированы и не умѣли находить своего нормальнаго положенія. *Лебъ* нашелъ также, что рыбы безъ лабиринта плаваютъ то на животѣ, то на спинѣ. Но самый удивительный, прекрасный и убѣдительный опытъ произвелъ *Крейдль* надъ раками. По наблюденію *Генсена*, нѣкоторые раки послѣ линянія своего сами вводятъ въ свой отолитный мѣшокъ мелкія зерна песку въ качествѣ слуховыхъ камней. По остроумному предложенію *Экснера*, *Крейдль* заставлялъ такихъ раковъ довольствоваться для этого желѣзнымъ порошкомъ (*ferrum limatum*). Если послѣ этого приблизить къ раку полюсъ электромагнита, онъ сейчасъ же отворачиваетъ отъ него спину при соотвѣтствующихъ рефлекторныхъ движеніяхъ глазъ, какъ только токъ замыкается, какъ будто сила тяжести по направленію своему приблизилась къ магнитной силѣ [1]). И этого слѣдовало ожидать на самомъ дѣлѣ, если отолиты, дѣйствительно, выполняютъ упомянутую выше функцію. Если залѣпить имъ глаза асфальтовымъ лакомъ и удалить слуховые мѣшочки, то раки совершенно дезоріентированы: они переворачиваются, лежатъ на боку или на спинѣ. Но этого *не* бываетъ, если залѣпить только глаза. У позвоночныхъ животныхъ *Брейеръ* подробнымъ изслѣдованіемъ доказалъ слѣдующее: отолиты (или лучше, статолиты) скользятъ въ трехъ плоскостяхъ, параллельныхъ плоскостямъ полукружныхъ каналовъ, и, слѣдовательно, способны отмѣчать измѣненія ускоренія массъ не только по величинѣ, но и по направленію. [2])

Я упоминалъ уже, что не *всякая* функція оріентировки должна быть приписана *одному* лабиринту. Доказываютъ это глухо-нѣмые,

---

[1]) Опытъ этотъ представлялъ для меня особенно большой интересъ, ибо я еще въ 1874 г. пробовалъ, правда, съ весьма слабой надеждой на успѣхъ и дѣйствительно безуспѣшно, возбудить электрическимъ токомъ собственный свой лабиринтъ.

[2]) Кое кто, можетъ быть, припомнитъ здѣсь занимавшій нѣсколько лѣтъ тому назадъ парижскую академію и парижское общество споръ по поводу кошки, падающей всегда на лапки. На мой взглядъ, всѣ эти вопросы разрѣшаются сказаннымъ мною въ моей работѣ «Bewegungsempfindungen» (1875). И аппараты, придуманные парижскими учеными для ихъ выясненія, тоже намѣчены мною отчасти еще въ 1868 г. въ Carls Repertorium IV. 359. *Одно* затрудненіе не было вовсе затронуто въ этомъ спорѣ. Въ случаѣ *свобод-*

которые, хотя ихъ органъ равновѣсія не функціонируетъ, бываютъ совершенно дезоріентированы только тогда, когда они погружаются въ воду, или раки, которымъ, хотя ихъ органъ равновѣсія не функціонируетъ, для полной дезоріентировки должны быть закрыты еще глаза. Я видѣлъ у *Геринга* молодую ослѣпленную кошку, которая человѣку, мало наблюдательному, могла-бы показаться зрячей. Она очень ловко играла съ катящимися по полу предметами, съ любопытствомъ просовывала голову въ открытое окно, ловко прыгала на стулъ, съ полной увѣренностью вбѣгала въ открытыя двери и никогда не толкалась въ закрытыя. Чувство зрѣнія здѣсь очень быстро замѣнили чувства осязанія и слуха. Такъ оказалось, по *Эвальду*, что и послѣ удаленія лабиринта животныя постепенно научаются двигаться какъ будто совершенно нормально, такъ какъ часть мозга начинаетъ выполнять выпавшую функцію лабиринта. Остается только нѣкоторая, совершенно своеобразная слабость мышцъ, которую *Эвальдъ* приписываетъ отсутствію раздраженія, при нормальныхъ условіяхъ исходящаго всегда изъ лабиринта (тонуса лабиринта). Но когда удаляется и эта часть мозга, замѣщающая лабиринтъ въ его функціи, то животныя совершенно дезоріентированы и безпомощны.

Можно сказать, что взгляды, высказанные въ 1873 и 1874 гг. *Брейеромъ*, *К. Броуномъ* и мною и представляющіе болѣе широкое и богатое результатами развитіе воззрѣнія *Гольца*, въ общемъ и цѣломъ подтвердились. По меньшей-же мѣрѣ они содѣйствовали выясненію относящихся сюда вопросовъ. Въ процессѣ изслѣдованія, естественно, возникли новыя проблемы, которыя ждутъ еще своего разрѣшенія, и работы остается еще много. Но вмѣстѣ съ тѣмъ мы видимъ, сколь плодотворна можетъ быть послѣ временнаго раздѣленія и усиленія спеціальныхъ отдѣловъ естествознанія ихъ совмѣстная работа.

Да будетъ мнѣ, поэтому, позволено разсмотрѣть отношеніе между слухомъ и оріентировкой съ другой, еще болѣе общей точки зрѣнія. То, что мы называемъ органомъ слуха, есть у нисшихъ животныхъ пузырекъ со слуховыми камнями. У животныхъ, стоящихъ на болѣе высокой ступени развитія, изъ этого пузырька постепенно выростаютъ 1, 2, 3 полукружныхъ канала.

наго паденія, отолитный аппаратъ не можетъ принести кошкѣ никакой пользы. Покуда она остается въ покоѣ, она знаетъ свою оріентировку и инстинктивно, конечно, знаетъ размѣры движенія, которое ставитъ ее на ноги.

Строеніе самого отолитнаго органа тоже становится гораздо сложнѣе. Наконецъ, у высшихъ позвоночныхъ животныхъ, въ особенности у млекопитающихъ, изъ одной части этого органа (lagena) развивается улитка, которую *Гельмгольцъ* истолковывалъ, какъ органъ *звукового ощущенія*. Находясь еще подъ вліяніемъ того взгляда, что весь лабиринтъ есть органъ слуха, *Гельмгольцъ*, наперекоръ результатамъ собственнаго своего мастерскаго анализа, старался сначала истолковывать другую часть лабиринта, какъ органъ воспріятія шумовъ. Я-же, давно уже (1873) показалъ, что съ сокращеніемъ продолжительности раздраженія до небольшого числа колебаній звуковое раздраженіе постепенно теряетъ свой характеръ высоты тона и получаетъ характеръ сухого удара, шума. Такъ могутъ быть продемонстрированы всѣ переходы отъ тона къ шуму. Трудно допустить, чтобы здѣсь вмѣсто *одного* органа вдругъ начиналъ функціонировать совершенно *другой*. Основываясь на другихъ опытахъ и соображеніяхъ, *Экснеръ* тоже считаетъ допущеніе спеціальнаго органа для ощущенія шумовъ ненужнымъ.

Итакъ, часть лабиринта высшихъ животныхъ, служащая, повидимому, функціи слуха, весьма невелика и весьма велика еще ато часть, служащая, вѣроятно, для оріентированія. Далѣе, именно *первый* зачатокъ слухового пузырька нисшихъ животныхъ соотвѣтствуетъ той части развитого лабиринта, которая *не* слышитъ. Если все это принять въ соображеніе, то самъ собой напрашивается тотъ, высказанный *Брейеромъ* и мною (1873, 1874), взглядъ, что органъ слуха развился изъ органа для ощущенія движеній въ процессѣ приспособленія къ слабымъ періодическимъ двигательнымъ раздраженіямъ и что многіе аппараты у нисшихъ животныхъ, которые принимались за органы слуха, настоящими такими органами не являются. [1])

---

[1]) [Относительно затронутыхъ здѣсь вопросовъ см. „Physik. Versuche über den Gleichgewichtssinn". Sitzgsber. d. Wiener Akad. III Abt. 1873 стр. 133, 136,—„Bewegungsempfinduugen" 1875, стр. 110. „Анализъ ощущеній" изд. Скирмунта.—Уже упомянутое выше наблюденіе во время ѣзды по желѣзной дорогѣ убѣдило меня въ томъ, что люди и животныя въ своемъ родѣ геотропны, какъ растенія. Далѣе, я одинъ изъ первыхъ пришелъ къ тому заключенію, что отолиты суть, собственно говоря, статолиты. При всемъ томъ для меня оставался непонятной загадкой именно геотропизмъ растеній. Я былъ, поэтому, весьма пріятно пораженъ, когда изслѣдованіями *G. Haberlandt'a* и *Némec'a* было установлено, что крахмальныя зерна подобнымъ же образомъ дѣйствуютъ, вѣроятно, въ качествѣ раздраженій роста, какъ отолиты возбуждаютъ ощущенія. См. *Haberlandt*, „Sinnesorgane im Pflan-

Этотъ взглядъ все болѣе и болѣе находитъ, повидимому, подтвержденіе. *Крейдль*, на основаніи хорошо устроенныхъ опытовъ, пришелъ къ тому заключенію, что даже рыбы еще не слышатъ, а между тѣмъ *Веберъ* въ свое время разсматривалъ косточки, которыя соединяютъ у рыбъ плавательный пузырь съ лабиринтомъ, какъ аппараты, проводящіе звукъ отъ перваго ко второму [1]). *Jörensen* наблюдалъ возбужденіе тоновъ черезъ плавательный пузырь, какъ и передачу колебаній косточками *Вебера*. Онъ считаетъ этотъ пузырь въ особенности способнымъ воспринимать, возбужденные другими рыбами, шумы и передавать ихъ лабиринту. Онъ слышалъ въ водѣ рѣкъ Южной Америки громкіе звуки извѣстныхъ рыбъ и полагаетъ, что это онѣ такимъ образомъ призываютъ и находятъ другъ друга. Будь оно такъ, нѣкоторыя рыбы были бы опять ни глухими, ни нѣмыми [2]). Вопросъ, который приходится здѣсь рѣшать, получитъ свое разрѣшеніе послѣ точнаго различенія между ощущеніемъ тона (слухомъ въ собственномъ смыслѣ) и воспріятіемъ колебаній. Первое весьма ограничено, если и не совсѣмъ отсутствуетъ, даже у нѣкоторыхъ позвоночныхъ животныхъ. Но рядомъ съ функціей слуха косточкамъ *Вебера*, весьма возможно, слѣдуетъ приписать еще другую функцію. Если плавательный пузырь и *не* есть органъ равновѣсія *въ простомъ* физическомъ смыслѣ *Борелли*, что доказалъ *Моро*, то все же за нимъ слѣдуетъ признать, повидимому, еще подобнаго рода функцію. Въ пользу этого взгляда свидѣтельствуетъ его связь съ лабиринтомъ. Итакъ, передъ нами здѣсь еще множество проблемъ.

Закончу настоящую статью однимъ воспоминаніемъ, относящимся къ 1863 году. Вышла въ свѣтъ работа *Гельмгольца* «Tonempfindungen» и функція улитки казалась совершенно выясненной. Случилось мнѣ по этому поводу бесѣдовать съ однимъ докторомъ медицины. Докторъ объявлялъ почти безнадежнымъ предпріятіемъ изученіе функцій и другихъ частей лабиринта, я же въ юношескомъ задорѣ утверждалъ, что этотъ вопросъ долженъ получить, и при томъ скоро, свое разрѣшеніе. Само собою разумѣется, что я не имѣлъ при этомъ ни малѣйшаго представленія о томъ,

---

zenreich", 1901, S. 142, Anmk., далѣе „Ueber die Perception des geotropischen Reizes", Ber. d. D. botan. Gesellsch. XVIII S 261 —1902].

[1]) *E. H. Weber*, De aure et auditu hominis et animalium, Lipsiae 1820.

[2]) *Iörensen*, Journ. Anat. Phys. London, vol. 29 (1895). Знакомствомъ съ этой работой я обязанъ моему коллегѣ *K. Grobben'у*

какъ это будетъ достигнуто. Десять лѣтъ спустя вопросъ этотъ въ существенныхъ чертахъ былъ рѣшенъ.

Съ тѣхъ поръ прошло много лѣтъ, въ теченіе которыхъ я неоднократно терпѣлъ неудачи въ рѣшеніи тѣхъ или другихъ вопросовъ, и я уже прекрасно знаю, что проблемы такъ легко не рѣшаются. При всемъ томъ, если кто нибудь говоритъ «Ignorabimus» [«Мы не будемъ знать»], то я въ этомъ не вижу выраженія скромности, а скорѣе нѣчто противоположное. Умѣстно это выраженіе только относительно неправильно поставленныхъ проблемъ, которыхъ, слѣдовательно, и нельзя вовсе назвать проблемами. Всякая *дѣйствительная* проблема *можетъ быть* рѣшена и *будетъ* рѣшена въ соотвѣтственное время, безъ всякихъ сверхъестественныхъ чаръ и прорицаній, *совершенно исключительно* при помощи точнаго наблюденія и осмотрительныхъ вдумчивыхъ размышленій.

XX.

Познаваніе и жизнь[1]).

Послѣ событій XIV и XV столѣтій—изобрѣтенія пороха, вторженія турокъ въ Европу, развитія книгопечатанія, открытія Америки и т. д.—событій, потрясшихъ весь міръ и столь расширившихъ кругозоръ человѣка, послѣдовали XVI и XVII столѣтія, когда возрожденные скудные остатки античной науки пришли въ соприкосновеніе и неоднократно въ столкновеніе съ неожиданными воззрѣніями и устарѣвшими религіозными представленіями. То было удивительное время, во многомъ сходное съ нашей эпохой. Смѣлость и бодрость свѣжихъ умовъ дѣятельнаго и энергичнаго поколѣнія, едва выросшаго изъ эпохи варварства, получили здѣсь мощный толчекъ впередъ, на новые пути изслѣдованія. Серьезное изслѣдованіе природы и самое мрачное суевѣріе жили тогда бокъ о бокъ, часто даже въ одной и той же кухнѣ алхимика. За *Леонардо-да Винчи* съ его яснымъ взглядомъ на міръ слѣдовалъ, стремившійся къ простотѣ воззрѣнія, *Коперникъ*, духовная свобода котораго возбудила вскорѣ въ Лютерѣ не меньшій гнѣвъ, чѣмъ у римской куріи: ибо въ библіи было сказано иначе. Болѣе молодой современникъ *Коперника, Порта,* книга котораго «Естественная магія» изобилуетъ важными оптическими познаніями, частью найденными имъ самимъ, частью заимствованными имъ у другихъ, собираетъ въ той-же книгѣ самыя нелѣпыя измышленія колдуновъ всякаго рода и въ особенности сумасбродныя представленія о силахъ магнита. Врачъ *ванъ Гельмонтъ*, авторъ многихъ важныхъ химическихъ открытій, находится все еще во власти мистики и готовъ сообщать, если нужно, рецептъ для созданія мышей. *Декартъ*

---

[1]) Статья эта впервые напечатана была въ журналѣ Die Neue Gesellschaft. Berlin 1906. № 31.

представляетъ себѣ, что планеты приводятся въ движеніе вихрями. Кёплеръ начинаетъ свои изслѣдованія съ, основанныхъ на геометрическихъ построеніяхъ и мистическихъ числахъ, умозрѣній насчетъ порядка мірозданія. Онъ представляетъ себѣ сначала планеты въ видѣ блуждающихъ вокругъ солнца «духовъ», представляетъ себѣ какія-то «животныя силы», которыя удерживаютъ на извѣстномъ разстояніи тяготѣющія другъ къ другу землю и луну и мѣшаютъ имъ упасть другъ на друга, но послѣ 22 лѣтнихъ размышленій и опытовъ эти рискованныя представленія все же приводятъ его къ открытію точныхъ математическихъ законовъ движенія планетъ. Научная механика обязана своимъ началомъ простымъ здравымъ наблюденіямъ и математическимъ разсужденіямъ *Галилея и Гюйгенса. Геюйгенсъ* изучаетъ движеніе камня, вращаемаго на ниткѣ въ кругѣ; отклоненный дѣйствіемъ напряженія нитки отъ своего прямолинейнаго пути, камень движется по криволинейному направленію вокругъ руки, которая держитъ конецъ нитки. *Ньютонъ* узнаетъ въ этомъ процессѣ подобіе астрономическихъ движеній: въ рукѣ онъ видитъ центральное тѣло (солнце), въ камнѣ—вращающуюся вокругъ него планету и въ натяженіи нити—тяготѣніе къ солнцу, препятствующее планетѣ удалиться со своей орбиты. Тогда вихри *Декарта*, движущіеся духи и животныя силы *Кеплера* оказываются излишними созданіями фантазіи. Система міра становится до мельчайшихъ подробностей понятной и математически ясной безъ всякаго содѣйствія *фантазіи*, на основѣ общеизвѣстныхъ *фактовъ*. Въ этомъ единственномъ, но типичномъ для процессовъ познанія того времени, примѣрѣ ясно проявляется сильная борьба мнѣній, какъ и переворотъ въ мышленіи изслѣдователей. Процессъ, развивающійся вплоть до нашихъ дней, создавшій всю нашу научную физику и химію, произведшій полный переворотъ въ нашей жизни экономической и технической, заканчивается всегда пораженіемъ первоначальныхъ полу-мечтательныхъ фантазій и побѣдой точнаго наблюденія, опирающагося исключительно на фактахъ, и осмотрительно сравнивающаго и взвѣшивающаго мышленія.

Какъ ни великъ былъ прогрессъ, достигнутый изслѣдователями того времени въ цѣлѣ расширенія нашего познанія и отрезвленія нашего мышленія, онъ касался все же, главнымъ образомъ, пониманія не живой природы. *Наше же время* едва лишь начинаетъ разсѣивать тотъ туманъ, которымъ окутана еще природа живая.

Прямо поражаешься, когда наблюдаешь, въ какой мѣрѣ для дикаря или варвара онъ самъ и его ближніе прежде всего другого кажутся понятными. Онъ знаетъ измѣненія, которыя онъ самъ и его ближніе могутъ вызвать въ природѣ своими произвольными движеніями. съ дружескимъ ли или съ враждебнымъ намѣреніемъ. Онъ инстинктивно догадывается о желаніяхъ и намѣреніяхъ, о мысляхъ своихъ друзей и враговъ; тѣмъ не менѣе мысли ихъ все-же остаются для него наполовину чѣмъ то скрытымъ, не поддающимся учету, да и онъ самъ умѣетъ хитро скрывать свои мысли. Онъ замѣчаетъ, что то дѣятельное, что онъ чувствуетъ и *въ себѣ*, во время сна или въ случаѣ смерти временно или надолго исчезаетъ изъ тѣлъ окружающихъ его людей и животныхъ. Въ дѣтской простотѣ своей онъ смѣшиваетъ опытъ сновидѣній, когда онъ встрѣчается съ людьми давно умершими или блуждаетъ въ отдаленной мѣстности, съ опытомъ бодрствующей жизни. Нѣтъ, поэтому, ничего удивительнаго, если онъ дѣлитъ міръ на часть осязательную, лишенную жизни, и часть живую, не поддающуюся учету, духовидную, которая все можетъ и которая отвѣтственна за всѣ необычныя событія. Онъ видитъ издѣвающагося надъ нимъ духа въ собственномъ своемъ изображеніи въ зеркалѣ, онъ слышитъ его насмѣшливый голосъ въ эхо собственнаго своего голоса, онъ чувствуетъ его страшную власть въ бурливомъ морѣ, въ пылающемъ и изрыгающемъ лаву вулканѣ, въ дѣйствіяхъ магнита, въ бурѣ, громѣ и молніи. Еще въ монахѣ средневѣковыхъ монастырей дьяволъ кашляетъ и чихаетъ и «мѣшаетъ молитвѣ и пѣнію». Такъ, природа часто возбуждаетъ страхъ и ужасъ, часто также смиренное робкое почитаніе. Но мало по малу нѣкоторые отдѣльные процессы природы становятся болѣе знакомыми. Впечатлѣніе произвольнаго, не поддающагося учету, духовнаго исчезаетъ, уступая свое мѣсто впечатлѣнію порядка и закономѣрности. Этотъ порядокъ и эта закономѣрность замѣчаются сначала въ тѣхъ, болѣе простыхъ, процессахъ природы, точное безпристрастное наблюденіе которыхъ становится основой различныхъ профессій, ремеслъ и искусствъ, удовлетворяющихъ тѣ или другія практическія потребности. Затѣмъ овладѣваетъ достигнутыми здѣсь результатами и самый излишній какъ будто продуктъ культуры, наука. Стараясь объяснить незнакомое еще при помощи того, что уже знакомо, она все болѣе и болѣе оттѣсняетъ первоначальныя варварскія представленія на области, недоступныя еще испытанію, на тѣ области, которыя она не успѣла еще освѣтить своимъ свѣтомъ.

Но наука нашего времени, какъ мы уже сказали, ясно сознала разницу въ степени увѣренности и ясности пониманія живой и неживой природы. Послѣ этого она съ большей силой и свѣжестью, съ большей бодростью можетъ вернуться къ древнимъ и болѣе скромнымъ попыткамъ понять живое при помощи болѣе простого, не живого. Множество частичныхъ процессовъ жизни, какъ движеніе, голосъ, пищевареніе и т. д., весьма совершеннымъ образомъ воспроизведено уже и выяснено въ физикѣ и химіи, такъ что то, что раньше было непонятно, теперь можетъ разсматриваться уже, какъ нѣчто весьма сложное и въ данное время не совсѣмъ еще понятное. Но вотъ сюда присоединяется давно подготовленная уже *идея* развитія, съ особой ясностью защищаемая *Дарвиномъ* и опирающаяся на богатомъ фактическомъ матеріалѣ. Согласно этой идеѣ, всѣ живыя существа разсматриваются, какъ родственныя, развившіяся изъ простѣйшихъ, наиболѣе легко понятныхъ формъ. Какія широкія должны были здѣсь открыться перспективы! Въ простѣйшей своей формѣ жизнь представляетъ, повидимому, *физико-механическій* процессъ, способный *сохраняться* въ случаѣ не очень большихъ нарушеній, извлекать для себя изъ среды пригодныя для него вещества, *распространяться* на эти послѣднія, *размножаться*. Сохраненіе, питаніе, ростъ, размноженіе у простѣйшихъ формъ жизни оказываются не столь ясно раздѣленными, какъ у формъ болѣе богато развитыхъ. Огонь, какъ и другіе родственные ему химическіе процессы, обнаруживаетъ поразительное сходство съ процессомъ жизни, а нѣкоторый особый родъ медленнаго сгоранія есть существенная черта самой жизни. Если мы въ настоящее время умѣемъ убивать живое, но не умѣемъ оживлять мертвое, то было же, какъ это извѣстно изъ исторіи культуры, такое время, когда люди умѣли тушить огонь, но не умѣли его зажигать. Въ то время огонь и считался даромъ боговъ, какъ въ настоящее время жизнь. Но то, что мы знаемъ уже относительно огня, мы узнаемъ еще, надо надѣяться,—правда, когда-нибудь, въ отдаленномъ будущемъ—и о жизни.

Мы находимъ жизнь въ такихъ формахъ, которыя способны сохраняться при условіяхъ, остающихся до извѣстной степени постоянными. Рыба живетъ въ водѣ и птица—въ воздухѣ, покуда вода и воздухъ содержатъ достаточно кислорода и свободны отъ вредныхъ примѣсей. Но и рыба и птица не могутъ надолго оста-

влять своего мѣстопребыванія, не поплатившись за это жизнью. На колебанія въ притокѣ воды, свѣта и теплоты растенія реагируютъ установкой своихъ органовъ, направленной къ возмѣщенію убыли, къ устраненію вредныхъ послѣдствій, къ самосохраненію. У быстрѣе живущихъ животныхъ реакціи эти только замѣтнѣе и быстрѣе наступаютъ. Въ основѣ своей каждое біеніе сердца, каждый глотокъ воздуха есть такое мгновенное спасеніе жизни, каждое рефлекторное съуженіе зрачковъ есть спасеніе глаза отъ вреда, который несъ-бы ему слишкомъ яркій свѣтъ. Растенія и неподвижныя морскія животныя, просто воспринимающія притекающую къ нимъ пищу или—самое большее—схватывающія и удерживающія ту, которая къ нимъ приближается, едва справляются съ такими простыми машинообразными реакціями или прирожденными рефлексами. Другое дѣло —тѣ животныя, которыя, живя въ весьма измѣнчивой средѣ, должны *искать* или *ловить* свою пищу. Всѣ измѣненія, переходящія за извѣстную границу, исключаютъ, конечно, и здѣсь приспособленіе живыхъ существъ къ ихъ средѣ и, слѣдовательно, ихъ сохраненіе. Но если какое-нибудь измѣненіе обнаруживаетъ черты *постоянства*, по меньшей мѣрѣ, въ предѣлахъ индивидуальной жизни, и если съ другой стороны животное достаточно чувствительно и высоко развито, чтобы усвоить *постоянные слѣды* этихъ чертъ, то эти слѣды становятся однимъ изъ *опредѣляющихъ условій* его дальнѣйшей жизни. Но эти слѣды слишкомъ тонки для того, чтобы ихъ можно было замѣтить у живого существа по внѣшнимъ чертамъ. Тѣмъ не менѣе мы легко замѣчаемъ ихъ у насъ самихъ и обозначаемъ ихъ различными названіями: воспоминаніе, память, опытъ, познаніе и т. д. Для выясненія сказаннаго будетъ достаточно и одного примѣра. Дѣти прирожденными механическими движеніями хватаются за все, что бросается имъ въ глаза, и подносятъ обыкновенно ко рту. Точно такъ-же всякое болѣзненное раздраженіе заставляетъ ихъ механически отдергивать тотъ или другой членъ тѣла, и то-же самое дѣлаетъ взрослый человѣкъ во снѣ или разбитый параличемъ. Но вотъ ребенокъ однажды вмѣсто яркаго цвѣтка схватываетъ ярко горящее пламя или насѣкомое, отъ котораго онъ получаетъ сильный уколъ, или подноситъ ко рту какой-нибудь плодъ отвратительнаго вкуса. Впослѣдствіи у него съ воспріятіями пламени, насѣкомаго, плода связаны и воспоминанія боли или отвращенія. Эти воспоминанія вызываютъ *тѣ-же* оборонительныя движенія, которыя были-бы вызваны и соотвѣтственными ощущеніями. Дѣйствія нашего живого существа становятся уже

сложнѣе, ибо они постоянно *измѣняются* подъ вліяніемъ слѣдовъ, которые оставляютъ въ немъ собственныя его переживанія. Чѣмъ проще животное, тѣмъ болѣе его дѣйствія прирожденны и машинообразны. Чѣмъ болѣе оно развито, тѣмъ сильнѣе его память, тѣмъ богаче его опытъ и тѣмъ болѣе этотъ послѣдній вліяетъ на его дальнѣйшее поведеніе. Но мы можемъ сдѣлать допущеніе, что между прирожденнымъ и индивидуально пріобрѣтеннымъ рѣзкой границы провести нельзя. Тѣ безсознательныя способности, которыя животное находитъ у себя уже при самомъ своемъ рожденіи, представляютъ собой, вѣроятно, въ такой-же мѣрѣ плодъ событій изъ его исторіи рода, какъ присоединившійся сюда, пріобрѣтенный въ теченіе жизни, опытъ есть плодъ его индивидуальныхъ переживаній.

Какія-же перспективы открываютъ передъ нами эти разсужденія? Исходя изъ простѣйшихъ *физическихъ* изслѣдованій съ одной стороны и изъ элементарнѣйшихъ *психологическихъ* наблюденій— съ другой и продолжая тѣ и другія до взаимнаго ихъ соприкосновенія, мы достигнемъ, надо надѣяться, познанія того, что мы *сами*, собственныя наши дѣйствія, какъ и дѣйствія другихъ людей и животныхъ въ такой-же мѣрѣ опредѣляются твердо установленными законами, какъ ими опредѣляется—что въ значительной степени уже выяснено—не живая природа. Вотъ въ этомъ-то и заключается задача научнаго изслѣдованія ближайшихъ столѣтій. Разрѣшеніе этой задачи въ такой-же мѣрѣ преобразуетъ до основанія всю нашу соціальную культуру, какъ уже преобразована наша культура техническая. Познаваніе есть небольшая *часть* жизни, но эта часть оказываетъ мощное вліяніе на все *цѣлое*.

XXI.

Наслѣдственны ли представленія и мысли? [1])

Одно весьма распространенное и знаменитое ученіе между прочимъ утверждаетъ, что одна часть нашихъ знаній, дѣйствительно, имѣетъ свой источникъ въ опытѣ, но другая часть отъ опыта не зависитъ, а заложена въ насъ до всякаго опыта и ждетъ только толчка со стороны его для своего развитія. Именно эта послѣдняя часть и есть важнѣйшая часть, безъ которой и самый опытъ былъ бы совершенно невозможенъ. Да и почему же оно не такъ? Не только философы, ведущіе свое духовное происхожденіе отъ *Канта*, не только мы, остальные смертные, но даже и животныя пріобрѣтаютъ свой опытъ лишь отчасти индивидуально, а кое-что у нихъ является плодомъ наслѣдственности. Правда, не такъ думалъ *Кантъ*. Но разсмотримъ существующее здѣсь отношеніе возможно болѣе безпристрастно.

Цыпленокъ, только что вылупившійся изъ яйца, клюетъ все, что ни попадется. Но что можно клюнуть, онъ узнаетъ только черезъ индивидуальный опытъ, который, не будь этой склонности клевать, вовсе не могъ бы и осуществиться. Только что родившійся поросенокъ, будучи посаженъ на стулъ, тотчасъ же соразмѣряетъ — скажемъ въ шутку, въ своемъ воззрѣніи — высоту послѣдняго и ловко съ него спрыгиваетъ. Искусственно вскормленная человѣкомъ птица, покрывшись перьями, тотчасъ же умѣетъ летать, хотя бы она никогда этому не училась и никогда не видала полета птицъ. Молодой хорекъ, подброшенный насѣдкѣ-курицѣ, ищетъ у нея сосковъ, которые онъ просто предполагаетъ существующими,

[1]) Статья переведена съ рукописи. Прим. пер.

и не отстаетъ, несмотря на крикъ насѣдки. Онъ знаетъ a priori, какъ наносить смертельныя раны своей добычѣ, и пробуетъ, наконецъ, это свое знаніе даже на этой насѣдкѣ. Другой примѣръ этого рода представляетъ оса (sphex), прекрасно знающая, хотя она никогда этого знанія не провѣрила, въ какомъ мѣстѣ ей нужно проколоть собираемыя для будущаго своего поколѣнія гусеницы. И ребенокъ съ перваго дня своего рожденія умѣетъ сосать. Развившись немного, онъ самъ, опять безъ постороннихъ наставленій, поднимается на ноги и ходитъ на ногахъ. И если многое въ его дѣйствіяхъ и мышленіи развивается гораздо позже, то оно тѣмъ не менѣе въ значительной своей части наслѣдіе предковъ.

Приведенныя для примѣра инстинктивныя дѣйствія животныхъ и человѣка представляютъ собой ничто иное, какъ правила для сохраненія жизни, пріемы приспособленія къ органической и неорганической средѣ или міру. Врядъ ли можно провести точную границу между пріобрѣтеніями унаслѣдованными и индивидуальными. Въ тѣхъ и другихъ проявляется вліяніе условій жизни — вліяніе болѣе старое, болѣе продолжительное или недавнее, болѣе кратковременное. Подъ дѣйствіемъ индивидуальныхъ переживаній унаслѣдованные инстинкты могутъ измѣняться, могутъ даже совершенно исчезнуть и смѣниться новыми. Часто соприкасаясь съ кошками, собаки усваиваютъ нѣкоторыя манеры ихъ, напримѣръ, обтираютъ хвостомъ морду; далѣе, неохотно выпускаютъ на пастбища молодыхъ лошадей вмѣстѣ съ коровыми, чтобы онѣ не усвоили грубыхъ движеній послѣднихъ. На необитаемыхъ островахъ птицы не знаютъ страха передъ людьми и сами даются въ руки (*Шамиссо*, *Дарвинъ*). Этому страху передъ людьми онѣ научаются очень медленно, нерѣдко на протяженіи многихъ поколѣній. Наши воробьи же тамъ, гдѣ съ ними хорошо обращаются, настолько опять теряютъ этотъ страхъ, что ихъ можно кормить съ руки. Если домашняя утка высиживаетъ яйца домашней и дикой утки, получается интересный выводокъ утятъ, изъ которыхъ одни остаются совершенно спокойными при приближеніи человѣка, а другіе очень пугаются. Наши домашнія собаки, лягавая, овчарка потеряли инстинкты своихъ дикихъ предковъ, а унаслѣдовали привитые инстинкты своихъ ручныхъ предковъ. Эти послѣдніе инстинкты они до всякой дрессировки проявляютъ часто съ поразительнымъ совершенствомъ, хотя онѣ никогда ничего подобнаго не видѣли. И ребенокъ можетъ очень скоро отучиться сосать, забыть свой сильнѣйшій инстинктъ, получая нѣкоторое время пищу въ другой

формѣ, послѣ чего бываетъ очень трудно его опять къ этому пріучить [1]).

Итакъ, прирожденные инстинкты далеко не неизмѣнны; въ нихъ въ такой же мѣрѣ отражается вліяніе потребностей предковъ, какъ въ произвольныхъ дѣйствіяхъ современныхъ живыхъ индивидуумовъ проявляются ихъ потребности. Инстинктивныя движенія проявляются наружу и поддаются наблюденію; имъ пред шествуютъ или сопутствуютъ болѣе или менѣе ясно сознаваемые психическіе процессы; мы называемъ первыя активными дѣйствіями, а послѣднія, въ особенности въ примѣненіи къ человѣку, психическими дѣйствіями. Послѣднія могутъ протекать столь же инстинктивно, по необходимости, какъ первыя, они въ такой же мѣрѣ дѣйствія, какъ они, съ той только разницей, что мы не можемъ наблюдать ихъ у индивидуума внѣшнимъ образомъ. Такъ какъ и тѣ и другія представляютъ конецъ одного и того же процесса (первыя—объективно наблюдаемую сторону его, а вторыя—субъектив ную сторону), то они, очевидно, должны быть подчинены одному и тому же закону.

Итакъ, мышленіе даетъ о себѣ знать до индивидуальнаго опыта и рядомъ съ нимъ, придавая ему ту или другую форму. Съ этой точки зрѣнія мышленіе сводится къ психическимъ склонностямъ и настроеніямъ, въ которыхъ больше всего упражнялись наши предки. Всѣ привычки ихъ мышленія со всѣми сильными, но и всѣми слабыми сторонами и односторонностями должны были соотвѣтствовать условіямъ ихъ жизни; они не окажутся въ полномъ противорѣчіи и съ нашими условіями жизни, а всегда сохранятъ для нихъ еще нѣкоторое значеніе. Было бы неразумно относиться съ пренебреженіемъ къ этому интеллектуальному наслѣдію, но столь же неразумно было бы отказаться отъ болѣе глубокаго изслѣдованія его основъ.

Однимъ изъ элементовъ этого наслѣдія является привычка — всѣ процессы, происходящіе въ окружающей насъ средѣ, по мѣрѣ возможности объединять причинной связью. Если бы *всѣ* процессы смѣняли другъ друга съ полной правильностью, какъ день смѣняется ночью, или если бы въ смѣнѣ ихъ не наблюдалось никакой правильности, эта привычка и развиться вовсе не могла бы. Ни въ царствѣ фей, гдѣ всѣ желанія сейчасъ же исполняются, ни въ

---

[1]) Приведенные здѣсь примѣры заимствованы изъ сочиненій *Дарвина*, *Романеса*, *Моргана* и др.

царствѣ сновидѣній, гдѣ все происходитъ безъ всякой правильности, эта привычка не доставляетъ никакой пользы, вообще лишена и цѣли и смысла. Но тамъ, гдѣ явленія, біологически благопріятныя, перемежаются съ явленіями неблагопріятными, гдѣ эта смѣна происходитъ отчасти съ извѣстной правильностью, которую по нѣкоторымъ признакамъ можно предвидѣть, тамъ вопросъ о причинѣ, отыскиваніе этой причины представляетъ большой практическій интересъ, являющійся источникомъ радости или горя. Вотъ почему наши предки пріобрѣли эту склонность мысли, въ которой упражняемся и мы, которая ежедневно находитъ себѣ новую пищу и которую и мы пріобрѣли бы и должны были бы пріобрѣсть съ немного большимъ развѣ трудомъ, если бы не получили ея въ наслѣдіе отъ предковъ. Мы врядъ ли ошибемся, если вмѣстѣ съ *Шопенгауэромъ* будемъ приписывать даже животнымъ потребность въ причинной связи.

Но это *стремленіе* къ отысканію причины далеко еще не служитъ порукой *умѣнія* находить ее; это—вещи, далеко не развивающіяся параллельно другъ другу. Изъ исторіи культуры извѣстно, сколь чудовищнымъ образомъ наши, не столь уже отдаленные, предки старались удовлетворить свою потребность въ причинной связи, разсматривая, какъ причины, магическія слова, дурной глазъ, кометы, солнечное затменіе и т. д. Да и въ настоящее время еще дикія племена ищутъ въ этихъ явленіяхъ причины всякаго несчастья, болѣзни или смерти. Вспомните собственныя свои странныя представленія, заставлявшія васъ въ ранней юности ломать игрушку, чтобы увидѣть, что тамъ внутри дѣлается, и вы съумѣете оцѣнить тотъ свѣтъ, которымъ озарялось собственное ваше представленіе причинности при взглядѣ на зубчатую передачу, рычагъ или связь нитками. Кто разъ пережилъ нѣчто подобное, тотъ долженъ ясно почувствовать маловажность и недостаточность общей склонности къ причинному объясненію сравнительно съ опредѣленностью и убѣдительностью индивидуальнаго опыта.

Еще яснѣе это становится послѣ одного общаго разсужденія изъ области біологіи. Многія животныя развиваются вполнѣ и физически и психически въ эмбріональномъ еще состояніи. Муравей или пчела, оставляя оболочку куколки, уже знаютъ всю работу, которую имъ нужно сдѣлать; имъ ничему, или почти ничему не остается научиться, ибо всѣ почти способности свои они унаслѣдовали отъ своихъ предковъ. Пѣвчая птица, правда, тоже научается своему пѣнію сама безъ всякаго обученія, но если изолировать ее

и такъ воспитать, она поетъ гораздо хуже, чѣмъ другія птицы. Чѣмъ дольше продолжается послѣ-эмбріональное развитіе, тѣмъ больше остается животному научиться при посредствѣ индивидуальнаго опыта, подражанія и сообщенія другихъ индивидуумовъ этого вида животныхъ. Особенно ясно это проявляется у млекопитающихъ и въ особенности у человѣка. Человѣкъ черезъ подражаніе научается родному языку, онъ научается понимать его, онъ усваиваетъ вмѣстѣ съ нимъ большой запасъ чужого индивидуальнаго опыта, который не остается безъ вліянія на пріобрѣтеніе собственнаго опыта. Символизація и закрѣпленіе мыслей въ словахъ даетъ ему возможность наблюдать свое собственное, какъ и чужое мышленіе или, по крайней мѣрѣ, значительно облегчаетъ ему эту работу, позволяетъ ему размышлять объ этомъ и подниматься на высшую ступень психическаго развитія. Достигаемая такимъ образомъ ступень бываетъ тогда весьма различной, въ зависимости отъ природной способности индивидуума и склонности его къ размышленіямъ [1]).

Кто въ зрѣлые годы наблюдаетъ собственное свое мышленіе при усвоеніи спеціальнаго опыта или при рѣшеніи особыхъ задачъ и объ этомъ размышляетъ, тотъ замѣчаетъ, безъ сомнѣнія, нѣкоторыя общія въ немъ черты. Источникъ этихъ чертъ онъ тщетно ищетъ въ переживаніяхъ, которыя были бы особенно ему памятны. Ему не чужда и мысль, что онъ унаслѣдовалъ отъ своихъ предковъ нѣкоторую духовную и физическую организацію вмѣстѣ съ соотвѣтствующими способностями. Но сколько мы ни приписывали-бы наслѣдственности разнообразныхъ вещей, граничащихъ съ чудеснымъ, нѣкоторыя особыя обстоятельства все же вызываютъ въ насъ извѣстныя сомнѣнія. Дѣло въ томъ, что то, что считали заложеннымъ въ интеллектѣ, было весьма различно, какъ у различныхъ индивидуумовъ, такъ и на различныхъ ступеняхъ культуры и кромѣ того въ особенности наблюдалось у профессіональныхъ представителей научнаго мышленія. Примемъ въ соображеніе этотъ личный отпечатокъ на томъ, что считается заложеннымъ въ интеллектѣ, какъ и то, что и предки наши могли накоплять, вѣдь, свой опытъ только тѣмъ же путемъ, что и мы, не говоря уже о томъ, что и само явленіе передачи наслѣдственныхъ свойствъ далеко еще не выяснено вполнѣ, и мы сможемъ

[1]) Чѣмъ болѣе высока ступень духовнаго развитія индивидуума, тѣмъ болѣе, повидимому, она есть результатъ интеллектуальныхъ пріобрѣтеній послѣ-эмбріональной жизни.

задаться вопросомъ, не есть ли то, что считается заложеннымъ въ интеллектѣ, какимъ-нибудь образомъ все же плодъ индивидуальнаго опыта.

Представимъ себѣ первобытнаго человѣка, дѣлающаго свои наблюденія и накопляющаго свой опытъ. Онъ дѣлаетъ, безъ сомнѣнія, множество ошибокъ, отмѣчаетъ процессы, которые вовсе не повторяются, потому что они обязаны своимъ происхожденіемъ случайному совпаденію и т. д. Наконецъ, онъ говоритъ себѣ: «если я хочу извлечь какую-нибудь пользу изъ моихъ записокъ, то я долженъ обращать вниманіе на *постоянное* въ природѣ». Возможность утоленія жажды (A) встрѣчается въ однихъ и тѣхъ же мѣстахъ въ пространствѣ въ связи съ прозрачностью (B), ясностью (C), жидкимъ состояніемъ (D) и т. д.; способность горѣнія встрѣчается вмѣстѣ съ сухостью, ломкостью, волокнистостью и т. д. Существуютъ постоянные комплексы доступныхъ нашимъ чувствамъ свойствъ, которые мы и называемъ водой, деревомъ, тѣломъ, веществомъ и т. д. Такъ понятіе субстанціи развивается не изъ *одного* спеціальнаго опыта, а постепенно и непроизвольно, изъ цѣлаго ряда многихъ аналогичныхъ данныхъ опыта. Навязанный этимъ опытомъ взглядъ, что подобнаго рода постоянства *существуютъ* въ природѣ, что полезно таковыя отыскивать и изучать, является основой первыхъ шаговъ въ развитіи естествознанія.

Когда въ природѣ наступаютъ какія-нибудь измѣненія, то и въ нихъ, какъ это не трудно замѣтить, кое-что остается постояннымъ: одни и тѣ же измѣненія бываютъ всегда связаны съ одними и тѣми же условіями. Если есть огонь, то дерево, сѣра сгораютъ, свинецъ и мѣдь расплавляются, вода испаряется или можетъ быть даже доведена до кипѣнія. Движущееся тѣло ударяется о другія тѣла и приводитъ и ихъ въ движеніе. Вотъ эти *постоянства*, остающіяся еще постоянными при измѣненіяхъ, *опредѣляютъ* ихъ, съ накопленіемъ аналогичныхъ данныхъ опыта тоже содѣйствовали непроизвольно развитію понятій *причины* и *слѣдствія*, какъ и познанію того, сколь важно, сколь полезно—матеріально и интеллектуально—изученіе этого постоянства и этой опредѣленности въ измѣненіяхъ. Инстинктивныя понятія субстанціи и причины, развившіяся на основаніи собственнаго и чужого, сообщеннаго опыта, вездѣ опредѣляютъ собой развитіе начатковъ естествознанія. Такіе непроизвольные продукты инстинкта гораздо лучше могутъ устоять противъ критики, чѣмъ

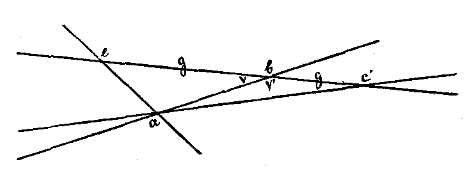
отдѣльныя опытныя познанія, усвоенныя съ полнымъ сознаніемъ; они оказываютъ свое вліяніе при каждомъ такомъ познаніи, вслѣдствіе чего они какъ будто получаютъ нѣкоторый высшій авторитетъ, независимый отъ опыта. Необходимость предполагать въ природѣ постоянство и опредѣленность и, изучая ее, отыскивать ихъ, производитъ сначала впечатлѣніе своего рода *интеллектуальнаго категорическаго императива.* Но если здраво разсудить, то не трудно видѣть, что этотъ постулатъ навязанъ же намъ только опытомъ, что безъ него изученіе природы вообще не имѣетъ ни *смысла,* ни *цѣли.* Поскольку дѣло идетъ о качественномъ приспособленіи мыслей къ фактамъ, вопросы эти тѣмъ самымъ, повидимому, и исчерпываются.

Приспособленіе мыслей къ фактамъ, толчекъ къ которому дается отдѣльными опытными познаніями, бываетъ точнымъ только въ такой мѣрѣ, въ какой это требуется данной мгновенной цѣлью, но не больше. Но затѣмъ слѣдуетъ взаимное приспособленіе отдѣльныхъ мыслей другъ къ другу, которое всецѣло относится къ области мышленія и, слѣдовательно, внутренняго опыта, чѣмъ не исключается, разумѣется, провѣрка отдѣльныхъ результатовъ опытомъ внѣшнимъ. Здѣсь начинается уже качественная, какъ и количественная, логически-математическая обработка отдѣльныхъ мыслей, *собственная, привычная, внутренняя' регулирующая дѣятельность* изслѣдователя. Эта дѣятельность постолько лишь зависитъ отъ внѣшняго опыта, поскольку этотъ послѣдній доставляетъ ей матеріалъ, но развиваться она можетъ только при содѣйствіи мощнаго внутренняго опыта. Уже простѣйшіе принципы логики, принципы тождества, противорѣчія, исключеннаго третьяго, не даны намъ заранѣе до всякаго опыта, а развились до полной ясности, лишь благодаря стремленію къ органическому мышленію. Стоитъ намъ вспомнить лишь наши сновидѣнія, въ которыхъ эти принципы постоянно нарушаются, состоянія разсѣянности, когда мы сами ловимъ себя на нарушеніи законовъ логики, стоитъ подумать о жизни животныхъ, чтобы убѣдиться въ томъ, что не жизнь представленій сама по себѣ, а только правильное систематическое мышленіе почитаетъ и соблюдаетъ эти законы. Позволительно указать еще, можетъ быть, на нѣкоторые продукты индусской философіи, въ которыхъ фантазія играетъ болѣе значительную роль, чѣмъ логика.

Нѣсколько больше вниманія нужно, чтобы разсмотрѣть математическое мышленіе. Внѣшній опытъ знакомитъ насъ съ неиз-

мѣнными количествами равныхъ членовъ; онъ же научаетъ насъ также воспроизводить и упорядочивать ихъ при помощи знакомыхъ и привычныхъ намъ объектовъ, т. е. сосчитывать ихъ. Этимъ функція внѣшняго опыта исчерпана. Если ариѳметика можетъ въ одномъ голомъ представленіи выставить положеніе, что $2 \times 2 = 4$, то она этимъ констатируетъ только эквивалентность двухъ различныхъ видовъ упорядочивающей дѣятельности, касающейся одного и того же количества равныхъ членовъ. О природѣ этимъ не высказывается ничего, ничего и высказано быть не можетъ и, слѣдовательно, никакихъ законовъ ей приписано быть не можетъ. Примѣненіе ариѳметики къ природѣ предполагаетъ только неизмѣнность количествъ. Въ мірѣ сновидѣній никакой ариѳметики быть не могло бы, ибо здѣсь врядъ ли возможно одно и то же количество сосчитать два раза или двоякимъ образомъ[1]). Ариѳметика научаетъ усваивать *одно и то же* представленіе количества въ двухъ различныхъ актахъ вниманія: 4 и 2×2. Но однажды, по крайней мѣрѣ, только внутренно долженъ дѣйствительно считать всякій, кто хочетъ понимать, примѣнять и создавать ариѳметическія правила.

Разъ путемъ опыта установлено, что существуютъ въ природѣ твердыя тѣла, неизмѣнныя по формѣ и перемѣщаемыя въ пространствѣ, что все, когда-либо и гдѣ-либо совпавшее при наложеніи съ твердымъ масштабомъ, совпадаетъ съ нимъ всегда и вездѣ, то можно и геометрію развивать въ представленіи, какъ ариѳметику. Пусть, напримѣръ, изъ точки *a* (см. фиг. 61) исходитъ пучекъ лучей, а черезъ точку *b* проходитъ произвольная прямая *g*, образующая съ лучемъ *ab* уголъ ν. Нетрудно замѣтить, что съ возрастаніемъ этого угла возрастаетъ и противоположная сторона *ac*, а съ убываніемъ смежнаго угла ν^1 убываетъ и сторона треугольника ac^1. Такимъ образомъ, возрастаніе угла и возрастаніе противолежащей ему стороны треугольника суть два наблюденія, неразрывно связанныя съ однимъ и тѣмъ же представленіемъ про-



Фиг. 61.

---

[1]) Въ чрезвычайно быстрой смѣнѣ образовъ во время сна приходится

странства, совершенно аналогично, какъ и въ нашемъ ариѳметическомъ примѣрѣ. Въ обоихъ случаяхъ мы, опираясь на данныхъ чувственнаго опыта, производимъ мысленный экспериментъ, который въ такой же мѣрѣ могъ бы быть произведенъ и надъ объектами физическими.

Врядъ ли можно усомниться въ томъ, что прежде, чѣмъ быть воспроизведеннымъ въ представленіи, геометрическій и ариѳметическій опытъ долженъ былъ стать дѣломъ привычнымъ на объектахъ физическихъ. Основныя воззрѣнія, слѣдовательно, заимствованы изъ внѣшняго опыта, какъ тѣ же воззрѣнія физики. Но для того, чтобы можно было экспериментировать ими въ мысляхъ, они упрощаются, идеализируются. Единицы ариѳметики мыслятся абсолютно равными, равнозначными, прямыя и плоскости геометріи представляются, какъ идеальныя, совершенныя образованія, какихъ въ дѣйствительности нѣтъ и быть не можетъ. Вслѣдствіе этого наши представленія столь упрощены, ихъ содержаніе столь ограничено и опредѣлено, что они оказываются въ полномъ подчиненіи законамъ нашей логики. Мы можемъ относительно этихъ представленій произносить вполнѣ правильныя сужденія, которыя для чувственной дѣйствительности имѣютъ, впрочемъ, только гипотетическое значеніе. Поскольку наши идеализированныя допущенія соотвѣтствуютъ дѣйствительности, подчинена нашему сужденію и эта дѣйствительность. О законахъ, которые мы предписывали бы природѣ, нигдѣ и рѣчи быть не можетъ. Мы находимъ внутреннимъ путемъ лишь столько закономѣрности въ природѣ, сколько мы восприняли въ упрощенномъ внѣшнемъ опытѣ.

Сказанное относится въ совершенно аналогичной формѣ къ ариѳметикѣ, геометріи и физикѣ. Въ простѣйшихъ положеніяхъ ариѳметики, геометріи и физики констатируется всегда связь двухъ реакцій въ одномъ и томъ же случаѣ. Констатируемъ ли мы вокругъ проволоки, по которой движется электрическій токъ, круговое или цилиндрическое магнитное поле или что сильно нагрѣтое тѣло плавится, что съ возрастаніемъ угла въ треугольникѣ возрастаетъ и противолежащая ему сторона, во всѣхъ этихъ случаяхъ дѣло сводится къ связи двухъ реакцій. Но въ ариѳметикѣ и геометріи бываетъ достаточно одного размышленія и весьма неболь-

---

констатировать, повидимому, одну особенность: если я читаю во снѣ какой-нибудь текстъ, то видимый мной образъ такъ быстро измѣняется, что во второй разъ я этого текста прочитать не могу; въ концѣ концовъ буквы движутся передо мною безъ всякаго смысла и порядка.

шого измѣненія вниманія, между тѣмъ какъ въ физикѣ для доказательства всякой реакціи въ большинствѣ случаевъ оказывается необходимость въ цѣломъ рядѣ интеллектуальныхъ актовъ и активныхъ дѣйствій. Вотъ почему математическія сужденія кажутся столь независимыми отъ внѣшняго опыта и столь надежными.

Логическое и математическое дисциплинированное мышленіе представляется выше индивидуальнаго опытнаго познанія, ибо оно дѣйствуетъ уже направляющимъ образомъ при усвоеніи каждаго отдѣльнаго опыта. Тѣмъ не менѣе оно почерпало всю свою силу изъ этого опыта, хотя, правда, и не изъ опыта того индивидуума, который это превосходство чувствуетъ. Дѣло въ томъ, что благодаря языку, сношеніямъ между людьми, сообщенію и преподаванію, интеллектъ каждаго отдѣльнаго индивидуума есть часть исторически развившагося *общаго интеллекта*, объемъ, сила и подвижность котораго съ развитіемъ культуры постоянно и непрерывно возрастаетъ. Въ какой мѣрѣ интеллектъ мало опредѣляется наслѣдственными чертами и находится подъ сильнымъ вліяніемъ сообщенія, ярко свидѣтельствуютъ извѣстные изъ исторіи перерывы въ развитіи культуры. Вспомните упадокъ культуры въ средніе вѣка, вызванный переселеніемъ народовъ, эпидеміями, войнами и т. д. Да и мы были-бы въ выигрышѣ, можетъ быть, если-бы мы унаслѣдовали отъ нашихъ предковъ большій мозгъ, болѣе сильную память, болѣе подвижную фантазію, но не унаслѣдовали никакихъ сужденій или предубѣжденій. Прогрессъ находитъ большую поддержку въ нашемъ духовномъ соприкосновеніи съ нашими предками и современниками, чѣмъ въ томъ случаѣ, если бы онъ былъ основанъ на органическомъ развитіи поколѣній.

Послѣ того, какъ мы извлекли все, что было поучительнаго во внѣшнемъ опытѣ и затѣмъ разобрались также и во внутренней нашей логически-математической регулирующей дѣятельности, мы можемъ также лучше судить, на какія черты внѣшняго опыта намъ слѣдуетъ обратить сугубое вниманіе и въ какія логическія формы мы должны привести данныя опыта, чтобы достичь практическаго, интеллектуально полезнаго, свободнаго отъ противорѣчій и удобнаго воззрѣнія на природу. Это воззрѣніе можетъ быть усвоено нами въ работѣ изученія природы болѣе или менѣе инстинктивно, а впослѣдствіи оно же легко можетъ показаться намъ заложеннымъ въ насъ a priori. Но разъ оно стало совершенно яснымъ, то мы можемъ и сознательно, съ *намѣреніемъ*, и по *произволу* выставлять постулаты цѣлесообразно направленнаго изученія

природы, не закрывая глазъ на то, что эти послѣдніе народились постепенно, на основѣ опыта внѣшняго и внутренняго.

Такъ, напримѣръ, *Гельмгольцъ* разсматриваетъ законъ причинности, какъ естественую и разумную предпосылку изучаемости природы (Erhaltung der Kraft, стр. 3). Такимъ же образомъ a priori имѣетъ для *Русселя* одно только значеніе: значеніе логически необходимой предпосылки начала изслѣдованія (The fondations of geometry, 1897 стр. 3 № 5). Съ этой точки зрѣнія не трудно и понять, почему мы ищемъ и предполагаемъ въ природѣ постоянства: вѣдь, только ими мы можемъ руководствоваться, будь то простыя *постоянныя*, или постоянства одновременной связи (*субстанціи*, *тѣла*), или постоянства послѣдовательнаго порядка, условія (*причинность*), или, наконецъ, самые всеобъемлющіе, самые общіе законы. Вотъ эти постоянства естествоиспытатель стремится установить, какъ правила наивозможно большей опредѣленности, т. е. *однозначной опредѣленности*. Однимъ грубымъ наблюденіемъ, предоставляющимъ всегда значительный просторъ, какъ условію, такъ и обусловленному, такихъ правилъ получить невозможно. Они начинаютъ получаться только тогда, когда количественно-логическая регулирующая дѣятельность приступаетъ къ своей работѣ приспособленія, когда она подвергаетъ извѣстной *мѣрѣ* и условіе и обусловленное и создаетъ *теорію*. Тогда мельчайшія различія въ условіи опредѣляютъ и мельчайшія различія въ обусловленномъ. Тамъ, гдѣ въ однородно наполненномъ пространствѣ и однородно наполненномъ времени отсутствуютъ всѣ различія, съ которыми могли бы быть связаны какія-нибудь опредѣленія, дѣйствію законовъ природы приходитъ конецъ.

Въ зависимости отъ точки зрѣнія, которой достигъ уже тотъ или другой мыслитель въ качествѣ научнаго изслѣдователя, въ зависимости отъ тѣхъ спеціальныхъ вопросовъ, надъ разрѣшеніемъ которыхъ онъ работаетъ, подобнаго рода положенія (постулаты), которыя кажутся ему заранѣе очевидными и необходимыми, будутъ весьма различны. Иллюстрируемъ это на примѣрѣ. *Р. Маейру*, одному изъ основателей ученія объ энергіи, принципъ «causa aequat effectum» кажется заранѣе, до всякаго опыта, внѣ сомнѣній. Но дѣло въ томъ, что и смыслъ и правильность этого принципа должны быть оцѣнены весьма различно въ зависимости отъ понятія, которое человѣкъ имѣетъ о причинахъ и измѣреніяхъ ихъ. Если причина и слѣдствіе качественно разнородны, если первая или второе неизмѣримы еще совсѣмъ или не поддаются измѣренію какой-нибудь

сравнимой мѣрой, то этотъ принципъ не имѣетъ никакого смысла или иллюзоренъ. Такъ оно бываетъ, напримѣръ, когда *работа* тренія разсматривается, какъ причина, а образовавшееся *количество* электричества—какъ слѣдствіе. Если бы причина и слѣдствіе были оба *количествами движенія* любыхъ тѣлъ или *живыми силами* совершенно упругихъ тѣлъ, т. е. если бы они были однородны, то принципъ былъ бы правиленъ. Если измѣренія причины и слѣдствія остаются *разнородными*, то въ лучшемъ случаѣ можно говорить только о *пропорціональности* причины и слѣдствія. Но если узнаютъ изъ опыта, что дѣйствіе причины можетъ быть обратно превращено въ причину и, слѣдовательно, можетъ быть измѣрено одной и той же механической мѣрой работы, что и причина и слѣдствіе могутъ быть разложены на элементарныя, складывающіяся части, которыя другъ другу не мѣшаютъ, то принципъ «causa aequat effectum» представляется правильнымъ въ полномъ его объемѣ. Но самое интересное и самое поучительное во всей этой исторіи открытія *Майера* то, что *Майеръ* считалъ этотъ принципъ правильнымъ задолго еще до того, какъ ему дала на это право его физическая точка зрѣнія. Онъ чувствовалъ потребность въ этомъ принципѣ, онъ *желалъ*, чтобы онъ оказался правильнымъ, онъ старался приспособить свои понятія къ этой потребности, хотя это ему и не удавалось во всѣхъ областяхъ. Такимъ образомъ въ этомъ случаѣ этотъ принципъ былъ не столько *апріорнымъ познаніемъ*, сколько скорѣе *цѣлесообразнымъ интеллектуальнымъ постулатомъ*.

То, что люди считаютъ очевиднымъ a priori, бываетъ весьма различно въ различныя эпохи и даже различно для различныхъ людей одной и той же эпохи. *Леонардо-да-Винчи* считаетъ perpetuum mobile невозможнымъ и всѣ процессы предѣльными. *Стевинъ* придерживается той же мысли. *Всѣ* выводы, которые онъ дѣлаетъ изъ этого положенія, могутъ быть сведены къ слѣдующей формулѣ: безпредѣльныхъ движеній тяжелыхъ массъ, т. е. движеній безъ паденія, не бываетъ. У *Гюйгенса* мысль эта, поскольку изъ нея дѣлаются также какіе нибудь выводы, принимаетъ слѣдующую форму: тяжелыя массы не поднимаются вверхъ сами. Тѣмъ не менѣе многіе современники этихъ ученыхъ продолжаютъ работать надъ проблемой perpetuum mobile. Въ теченіе всей эпохи древности, какъ и среднихъ вѣковъ, вплоть до средины XIX столѣтія было весьма распространено представленіе, что всѣ процессы при-

роды *имѣютъ предѣлъ*. Съ открытіемъ факта превращенія различныхъ видовъ энергіи другъ въ друга и эквивалентности ихъ, поскольку возможно превращеніе и обратное превращеніе, весь міръ могъ бы представиться опять, какъ одно perpetuum mobile, если бы не было обращено вниманіе на то, что эти превращенія происходятъ преимущественно въ *одномъ* опредѣленномъ направленіи. Но это послѣднее обстоятельство не оказало никакого вліянія или оказало лишь слабое вліяніе на обыденное мышленіе и потому открытіе эквивалентности различныхъ видовъ энергіи *затемнило*, если не совершенно *исказило*, естественное здравое воззрѣніе.— Неразрушимость матеріи казалась античному міру чѣмъ то, само собою понятнымъ. Только *Лавуазье* попытался научно разработать эту мысль. Современная электромагнитная теорія матеріи и механики снова возбуждаютъ сомнѣнія въ правильности этого положенія, нѣкогда само собой понятнаго. Аристотелики уразумѣли, что тѣло можетъ двигаться только до тѣхъ поръ, покуда оно приводится въ движеніе другимъ тѣломъ, а ученики *Галилея* уразумѣли, что тѣло само измѣнить своей скорости не въ состояніи. Одному великому философу XVIII и одному—XIX столѣтія казалось еще очевиднымъ, что примѣненіе закона инерціи ограничивается тѣлами *неживой* природы. Какъ будто инерція теряетъ свою силу у тѣлъ живыхъ, будто брошенная живая кошка, падая, не описывала бы параболы, будто убѣгающая отъ нея мышь демонстрировала бы то, что законъ инерціи по отношенію къ нейересталъ дѣйствовать!

Разнородность сужденій въ области физики, высказанныхъ съ чувствомъ убѣжденія въ правильности ихъ, возбуждаетъ сомнѣніе въ ихъ общезначимости, непогрѣшимости и необходимости, указывая скорѣе на индивидуальное происхожденіе ихъ. Изслѣдуя это послѣднее, находишь его большей частью въ непроизвольно вспоминаемыхъ, болѣе или менѣе точныхъ данныхъ опыта. Принуждая къ усовершенствованію и дополненію опыта, эти сужденія приводятъ къ подтвержденію или опроверженію того или другого положенія, а часто и къ существенному расширенію познанія.

Изложенные здѣсь взгляды не чужды современному естествоиспытателю и къ точкѣ зрѣнія *Юма* ближе, чѣмъ къ точкѣ зрѣнія *Канта* [1]).

---

[1]) См. главу «Kausalitat und Erklärung» [«Причинность и объясненіе»] въ моей книгѣ «Prinzipien der Wärmelehre», *K. Pearson*, The Grammar of science, 1900 стр 134 и *Kleinpeter*, der Kausalbegriff in der neueren Naturwissenschaft, Philosophische Wochenschrift red von H. Renner in Charlottenburg 1907.

XXII.

Къ физіологическому объясненію понятій [1]).

Животныя млекопитающія рождаются на свѣтъ съ болѣе или менѣе развитыми органами чувствъ и движенія, которые, реагируя уже на первыя раздраженія, служатъ сохраненію жизни организма. Человѣкъ же рождается на свѣтъ Божій, не столь хорошо вооруженный для борьбы за свое самосохраненіе: онъ не можетъ ни стоять, ни ходить, напримѣръ. При всемъ томъ и онъ сосетъ же питающую его грудь, охватываетъ положенный въ его руку палецъ, схватывается иногда за протянутую ему палку обѣими руками такъ сильно, что его можно поднять за нее [2]), слѣдитъ глазами за ярко свѣтящимся предметомъ и т. д. Реакціямъ болѣе утонченнымъ, подниманію большого пальца, установленію взгляда на опредѣленный предметъ и т. д. онъ, правда, научается лишь впослѣдствіи. Вообще всѣ реакціи у животнаго и у человѣка совершенствуются упражненіемъ, дѣлаются болѣе утонченными, хотя въ основныхъ своихъ частяхъ онѣ предобразованы уже въ органахъ. Животное—болѣе спеціалистъ, болѣе подготовлено къ спеціальному ограниченному образу жизни, между тѣмъ какъ человѣкъ въ виду болѣе многообразныхъ, перемѣнчивыхъ занятій его является на свѣтъ менѣе подготовленнымъ спеціально, ему больше

---

[1]) Статья переведена съ рукописи. Прим. пер.

[2]) Молодыя обезъяны сами крѣпко держатся за мать. Я знаю случай, когда малый ребенокъ, застигнутый наводненіемъ, спасся, крѣпко схватившись за бревно.

приходится учиться, но за то онъ и болѣе способенъ научиться. Собака является на свѣтъ съ лапами, которыми она можетъ только бѣгать, кошка—съ лапами, которыми она можетъ только карабкаться и удерживать добычу, между тѣмъ какъ человѣкъ рождается съ руками, которыми онъ можетъ производить самыя разнообразныя манипуляціи, но этимъ послѣднимъ онъ долженъ только научиться. Я вспоминаю прелестную картинку дѣвочки, дѣлающей первыя попытки вязать [1]). Ребенокъ весь былъ въ движеніи, каждая мышца была напряжена и даже кончикъ языка воспроизводилъ точно ту кривую, которую описывалъ кончикъ спицы. Эти излишнія, нецѣлесообразныя движенія постепенно становятся все слабѣе и слабѣе и при достаточномъ упражненіи исчезаютъ совершенно. Подобнымъ же образомъ дѣло происходитъ при каждомъ упражненіи, при каждомъ заучиваніи какого-нибудь цѣлесообразнаго движенія, при заучиваніи какой-нибудь пьесы на роялѣ, напримѣръ, или того или другого пріема въ какомъ-нибудь ремеслѣ и т. д.

Въ рукѣ человѣка и обезьяны воплощено уже множество возможныхъ реакцій, какъ схватываніе, притягиваніе, давленіе, толканіе, ударъ и т. д. Съ придумываніемъ орудій: клина, ножа, долота, топора, пилы, молотка, клещей, бурава совершенствуются и заученныя уже реакціи или даже открываются новыя реакціи. Отсюда слѣдуетъ, что для человѣка нѣтъ уже надобности въ преобразованіи его руки для новыхъ занятій, какъ это было у животныхъ: достаточно одно развитіе мозга, чтобы изобрѣтать орудія и научаться пользованію ими. Съ этого момента дальнѣйшее развитіе мозга преобладаетъ надъ преобразованіемъ формъ тѣла. Человѣкъ съ болѣе сильнымъ мозгомъ становится не только господиномъ надъ всѣмъ міромъ животныхъ, но мало-по-малу подчиняетъ себѣ и всѣхъ другихъ людей съ менѣе развитымъ мозгомъ [2]).

Многообразіе біологическихъ реакцій организмовъ на измѣненія среды—реакцій, направленныхъ къ сохраненію этихъ организ-

---

1) Наблюденія надъ моей шестилѣтней дочерью

2) Ср. J. Petzoldt, Philosophie d. reinen Erfahrung II, стр. 179. (Первый томъ переведенъ на русскій языкъ Переводъ второго тома печатается. Прим. пер.); Махъ, Анализъ ощущеній. Если указанныя мѣста обѣихъ книгъ не совсѣмъ согласуются между собою, то сказанное здѣсь устраняетъ, надо надѣяться, эти разногласія.

мовъ,—естественно *меньше* многообразія самихъ этихъ измѣненій. Послѣднія не подлежатъ никакому ограниченію, между тѣмъ какъ реакціи организмовъ имѣютъ цѣлью сохраненіе ихъ въ стаціонарномъ состояніи и сводятся къ привлеченію или отраженію вліяній среды. Хорошую иллюстрацію къ этому даетъ какой-нибудь приборъ, напримѣръ, термостатъ. Вѣдь, и живыя существа суть термостаты.

Реакціи нашего тѣла, поддающіяся наблюденію извнѣ, дѣятельность физическая, повидимому, болѣе древняго происхожденія, чѣмъ дѣятельность психическая, которую непосредственно наблюдать мы можемъ только на себѣ самихъ. Наши представленія, наше мышленіе, — все это наступаетъ гораздо позже рефлексовъ и тропизмовъ. Собственный нашъ опытъ, какъ и наблюденіе надъ животными не оставляетъ относительно этого ни малѣйшихъ сомнѣній. Если вмѣстѣ къ Шопенгауэромъ отождествлять волю съ силой, то изложенному здѣсь воззрѣнію соотвѣтствуетъ также *приматъ воли* въ *его* смыслѣ. Когда къ рефлексамъ присоединяется разсужденіе, обсужденіе и возникаютъ произвольныя дѣйствія въ обычномъ смыслѣ, то и эти послѣднія обнаруживаютъ однообразіе въ томъ, какъ они даютъ простой отвѣтъ на цѣлую совокупность отличныхъ другъ отъ друга раздраженій. Цѣлый рядъ различныхъ температуръ мы обозначаемъ однимъ словомъ «*теплый*», другой такой рядъ мы обозначаемъ словомъ «*холодный*» потому, что на весь первый рядъ мы реагируемъ одинаково и на весь второй рядъ мы реагируемъ тоже одинаково, но не такъ, какъ на первый. И такъ дѣло обстоитъ со всѣми чувственными ощущеніями. Наша способность различенія болѣе дифференцирована, чѣмъ характеры нашихъ реакцій. Реакціямъ, различимымъ въ данное время, соотвѣтствуютъ названія ощущеній.

Простѣйшіе организмы непосредственно реагируютъ на чувственное раздраженіе какой-нибудь двигательной реакціей. Чѣмъ выше мы поднимаемся по лѣсгницѣ животныхъ видовъ и чѣмъ выше развитіе индивидуумовъ въ предѣлахъ одного и того же вида, тѣмъ болѣе возрастаетъ дифференцированность, многообразіе и сложность вызываемыхъ въ организмѣ черезъ его органы чувствъ реакцій, какъ и реакцій двигательныхъ, исходящихъ изъ организма. И тѣ, и другія реакціи могутъ разбиться даже на параллельныя вѣтви, какъ и на слѣдующіе другъ за другомъ во времени акты. Наконецъ, вырабатывается также замѣтно лучшее, болѣе чистое выдѣленіе цѣлесообразныхъ частей реакцій и болѣе полное исключеніе излишнихъ, нецѣлесообразныхъ частей ея.

Животное нисшей организаціи просто проглатываетъ питательное вещество при его приближеніи. Лягушка схватываетъ и проглатываетъ все, что летитъ мимо. Пестрая орѣховка не можетъ просто проглотить орѣхъ; она сперва распознаетъ въ немъ питаніе, открываетъ его, если она не находитъ его слишкомъ легкимъ и, слѣдовательно, пустымъ, и затѣмъ пожираетъ ядро. Кошка наблюдаетъ движенія и шумъ маленькихъ животныхъ, распознаетъ среди нихъ мышку и прыжками, и бѣгомъ преслѣдуетъ ее. Птичку же она можетъ поймать только хитростью и схватить однимъ скачкомъ. Маленькія животныя, чтобы укрыться отъ холода, заползаютъ въ траву, листву или норки въ землѣ. Человѣкъ набрасываетъ на себя ткань или шкуру животнаго. Онъ строитъ также шалаши, соединивъ между собой верхушки деревьевъ, гдѣ онъ дольше можетъ укрываться отъ непогоды. Затѣмъ шалашъ развивается въ большее строеніе: человѣкъ уже вырубаетъ деревья, обрѣзываетъ вѣтви, обтесываетъ деревья въ призмы, скрѣпляетъ ихъ и покрываетъ крышей. Для всего этого требуется уже извѣстное развитіе мышленія, какъ и усовершенствованіе движеній. Допустимъ, напримѣръ, что человѣкъ хочетъ воспользоваться для своей крыши балкой, которой онъ не можетъ непосредственно достать руками. Здѣсь приходится уже рѣшать, достаточной ли длины балка, достаточно ли она крѣпка, какъ она тяжела? Если человѣкъ можетъ поднять балку въ десять разъ меньшей длины, то здѣсь должно быть, по меньшей мѣрѣ, десять человѣкъ, которые подняли бы балку при помощи веревки, переброшенной черезъ блокъ, или одинъ человѣкъ долженъ втащить ее при помощи ворота, ручка котораго, по меньшей мѣрѣ, въ десять разъ длиннѣе его радіуса.

Всѣ біологическіе процессы—безразлично, выражаются ли они въ психической, познавательной, *теоретической* дѣятельности или въ дѣятельности физической, двигательной, *практической*—опредѣляются немногими данными цѣлями и носятъ, поэтому, классифирующій, *отвлеченный* характеръ, при которомъ условія, ведущія мимо этой цѣли, не приняты во вниманіе, оставлены въ сторонѣ. Въ тѣхъ біологическихъ процессахъ, въ которыхъ эта сторона не выступаетъ ясно съ самаго же начала, она все же представляется неоспоримымъ идеаломъ, къ которому черезъ продолжительное упражненіе эти біологическіе процессы приближаются. Подобно тому, какъ та дѣвочка научается вязать чулки постепенно, оставляя излишнія движенія, такъ художникъ абстрагируетъ своей кистью, скульпторъ—своимъ рѣзцомъ, столяръ—рубанкомъ и пилой, а

мыслитель—исключеніемъ всѣхъ побочныхъ мѣшающихъ представленій, не ведущихъ къ цѣли мышленія. Не такъ уже велика разница между человѣкомъ, занятымъ теоретической дѣятельностью, и человѣкомъ, занятымъ дѣятельностью практической, какъ это часто кажется. Врядъ ли стоитъ перечислять, какое множество нашихъ теоретическихъ, математическихъ и физическихъ понятій было развито въ торговлѣ, въ ремеслѣ, въ техникѣ, вообще подъ давленіемъ *біологической потребности*. Натягиваю ли я нить въ дѣйствительности, или представляю себѣ натянутую нить, приготовляю ли я поверхность вращенія на токарномъ станкѣ, или представляю себѣ ее изготовленной на идеальномъ токарномъ станкѣ, обтесываю ли я три поверхности другъ относительно друга до полнаго взаимнаго совпаденія, или просто представляю себѣ плоскую поверхность—все это различается между собою только по степени идеализаціи.

Дѣятельность теоретическая и дѣятельность практическая суть, вѣдь, двѣ взаимно связанныя между собой части *одной и той же* біологической реакціи; вторая получаетъ толчекъ отъ первой, проникнута ей и составляетъ ея естественное продолженіе. Вѣдь, обѣ онѣ направлены къ одной и той же біологической цѣли, которой онѣ стараются достичь съ наименьшей затратой энергіи въ области матеріальной и духовной. Только при такомъ раздѣленіи труда у людей, какое существуетъ у муравьевъ, теоретикъ и практикъ на столько могли-бы разойтись, чтобы они перестали другъ друга понимать. Тогда теоретикъ, которому казалось-бы, что онъ исчерпалъ весь міръ *своими* понятіями, могъ-бы часто услышать отъ практика: «Это, можетъ быть, правильно по твоей теоріи, но на практикѣ дѣло обстоитъ иначе». Другое дѣло тамъ, гдѣ существуетъ правильное близкое соотношеніе между теоріей и практикой; здѣсь умѣстны слова Фарадея: «There is nothing so prolific in utilities as abstractions» [1]).

Ставимъ ли мы своей задачей *пониманіе* окружающей насъ среды или *использованіе* ея для нашихъ цѣлей, во всякомъ случаѣ отдѣлить теоретическую дѣятельность отъ практической невозможно, во всякомъ случаѣ намъ полезно установить существенные при-

---

[1]) По словамъ профессоровъ D. C. Gilman и W. F. White приведенныя здѣсь слова Фарадея находятся въ одномъ изъ его писемъ къ Тиндалю, но среди опубликованныхъ писемъ мнѣ ихъ найти не удалось.

знаки, важнѣйшія реакціи этой среды. Животное, найдя какой-нибудь плодъ, обнюхиваетъ, облизываетъ его и затѣмъ начинаетъ ѣсть; ребенокъ, увидѣвъ собственную свою тѣнь, при помощи движеній узнаетъ ея условія; лошадь, везущая грузъ въ гору, старается вмѣсто прямого пути двигаться зигзагообразно, такъ что подъемъ становится меньше. Человѣкъ, найдя на своемъ пути тяжелый камень, мѣшающій ему пройти, старается устранить его со своей дороги. Если ему не удается его поднять, онъ ищетъ палку, при помощи которой онъ могъ бы это сдѣлать. Такъ подъ давленіемъ практической потребности былъ полученъ первый опытъ касательно рычага. Случайное, почти непроизвольное измѣненіе тѣхъ или другихъ обстоятельствъ часто приводитъ къ выясненію полезныхъ или неполезныхъ реакцій объектовъ среды. Въ этомъ мало что измѣняется, если для измѣненія этихъ обстоятельствъ пользуются больше и болѣе плодотворными технически-научными средствами. Правда, пути, которыми собранъ опытъ, оставляютъ свои слѣды въ полученныхъ понятіяхъ и теоріяхъ. Уже одно случайное направленіе вниманія наблюдателя оказываетъ свое вліяніе на получаемый имъ результатъ.

Самые прекрасные, самые поучительные примѣры отысканія новыхъ реакцій и развитія соотвѣтствующихъ понятій можно найти въ исторіи физики. Я указалъ уже въ другомъ мѣстѣ [1]), что отысканіе новыхъ реакцій находится въ связи съ усмотрѣніемъ обстоятельствъ, до тѣхъ поръ ускользавшихъ отъ вниманія. Возьмемъ приведенный уже выше примѣръ поднятія тяжести при помощи рычага. Здѣсь вниманіе направляется на вліяніе плечъ рычага. Постепенно развиваются понятія: статическій моментъ, потенціальный рычагъ (Леонардо да Винчи), «gravitas secundum situm», возможный или виртуальный моментъ, работа.—Когда одно тѣло увлекаетъ въ своемъ движеніи другое излишкомъ своего вѣса, то мы имѣемъ основаніе разсматривать матерію съ одной стороны, какъ «agens », а съ другой стороны, какъ «patiens», т. е. это заставляетъ насъ различать между вѣсомъ и массой тѣла. По словамъ Vailati ясное различеніе этого можно найти впервые у Баліани въ его книгѣ «De motu gravium» 1638. Дальнѣйшее раздѣленіе этихъ понятій, какъ и выясненіе существующаго между ними отношенія, было, правда, дѣломъ Ньютона.

Сходныя впечатлѣнія возбуждаютъ сходныя ожиданія. Хотя

---

[1]) См. въ особенности «Познаніе и заблужденіе». Изд. С. Скирмунта.

это психологическое правило порой приводитъ къ довольно чувствительнымъ ошибкамъ, хотя только вредъ отъ этихъ ошибокъ научаетъ насъ обращать вниманіе на различія, тѣмъ не менѣе въ этой психической чертѣ нашей скрыта все же возможность образованія понятій и всякаго вообще высшаго духовнаго развитія. Но сведется ли случайная ассоціація къ тривіальному воспоминанію, или она дастъ толчекъ къ образованію новаго и важнаго понятія, зависитъ всецѣло отъ психической конституціи наблюдателя, въ головѣ котораго эта ассоціація появляется. Изслѣдователи античной древности, какъ и средневѣковые ихъ послѣдователи, занимались преимущественно равновѣсіемъ силъ тяжести, они знали силу только, какъ давленіе. Галилей впервые изслѣдовалъ движеніе подъ дѣйствіемъ силы тяжести и узналъ, что эта послѣдняя опредѣляетъ ускоренія. Если на человѣка падаетъ какое-нибудь маленькое тѣло, онъ представляетъ себѣ, что оно откуда-нибудь упало или брошено въ него. Галилей же видитъ въ *ударѣ* этого тѣла сумму накопленныхъ ускорительныхъ импульсовъ, которая, какъ создана постепенно, такъ постепенно при помощи противоположныхъ импульсовъ можетъ быть и уничтожена. Въ этой мысли содержится уже источникъ того понятія живой силы, которое Гюйгенсъ, Лейбницъ и др. развили дальше. Хотя Галилей только относительно силы тяжести доказалъ, что она опредѣляетъ ускореніе, тѣмъ не менѣе Ньютонъ при каждомъ давленіи думаетъ о силѣ и вмѣстѣ съ тѣмъ о томъ ея свойствѣ, что она опредѣляетъ ускореніе. Ньютонъ осмѣливается обобщить мысль Галилея и онъ разсматриваетъ каждое давленіе, какъ факторъ, опредѣляющій ускореніе, пропорціональное его величинѣ. Положенія Ньютона, выставленныя въ его Принципахъ, свидѣтельствуютъ о той революціи и постепенномъ выясненіи понятій, къ которымъ привелъ этотъ дальнѣйшій его шагъ впередъ. Инстинктъ, пріобрѣтенный въ самомъ процессѣ изслѣдованія, научаетъ здѣсь распознавать то, что имѣетъ опредѣляющее значеніе, и отдѣлять его отъ того, что имѣетъ значеніе побочное, безразличное. Чтобы сдѣлать всѣ выводы изъ такого шага впередъ, часто требуется много десятилѣтій. Такъ, напримѣръ, Эрстедтъ и Амперъ установили, что тамъ, гдѣ есть электрическій токъ, тамъ есть и магнитное поле, а Фарадей нашелъ, что каждое измѣненіе электростатическаго и магнитнаго заряда индуцируетъ электрическій токъ. Тѣмъ не менѣе только въ электродинамикѣ Максвелля оба эти открытія нашли послѣдовательное примѣненіе [1]).

[1]) H. Hertz, Gesammelte Werke, стр 295, 296 и слѣд.

XXIII.

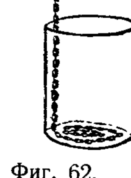
Описаніе и объясненіе [1]).

1. Когда какой-нибудь ученый изслѣдователь, имѣющій большія заслуги въ наукѣ, превозглашаетъ девизъ, открывающій новые горизонты, люди на это реагируютъ различно: со стороны однихъ, мышленію которыхъ это новое чуждо, онъ встрѣчаетъ изумленіе, со стороны другихъ, умѣющихъ цѣнить это новое и правильное, онъ встрѣчаетъ радость и вниманіе, со стороны консерваторовъ, усматривающихъ въ новомъ разрушеніе стараго, твердо установленнаго и признаваемаго за правильное, онъ встрѣчаетъ оппозицію и т. д. Примѣромъ этого можетъ служить споръ, возникшій вокругъ девиза Кирхгоффа «описаніе и объясненіе», превозглашеннаго въ 1874 году—споръ, не затихшій и по настоящее время. При этомъ слишкомъ мало принимается въ соображеніе то, что и самый выдающійся человѣкъ есть все же только человѣкъ и что, если онъ пользовался для этого словами изъ повседневной нашей рѣчи, лишь мало описанными въ своемъ значеніи, то смыслъ этихъ словъ долженъ быть ближе опредѣленъ съ точки зрѣнія ситуаціи, какъ произнесшаго ихъ, такъ и тѣхъ лицъ, къ которымъ онъ съ ними обратился.

2. Возьмемъ человѣка, который въ первый разъ видитъ, какъ вода съ одной стороны поднимается въ сифонѣ, а съ другой—этимъ окольнымъ путемъ стекаетъ внизъ. Надо полагать, что онъ въ изумленіи спроситъ, почему водяной столбъ не обрывается на высшемъ пунктѣ и каждая изъ двухъ частей просто не стекаетъ внизъ? Если вы только опишите ему процессъ и будете завѣрять, что онъ происходитъ именно такъ, а не иначе, это его не удовле-

[1]) Статья эта была напечатана въ очень сокращенномъ видѣ въ журналѣ „Naturwissenschaftliche Rundschau“ XXI Jahrgang, № 38.

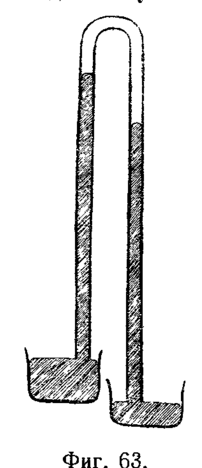
творитъ. Онъ будетъ ясно чувствовать потребность въ устраненіи противорѣчія между тѣмъ, что онъ ожидаетъ, и тѣмъ, что наступаетъ въ дѣйствительности. Но вотъ кто-нибудь показываетъ ему, что вслѣдствіе какого-либо принужденія—назовемъ это «horror vacui» («боязнь пустоты»)—водяной столбъ не можетъ оборваться въ сифонѣ, а долженъ держаться вмѣстѣ, какъ одно цѣлое, и, подобно, переброшенной черезъ блокъ или черезъ гладкій край чайнаго стакана, тяжелой цѣпи, долженъ слѣдовать за болѣе длинной, перевѣшивающей своей частью, при чемъ въ болѣе короткой части на мѣсто стекающей воды притекаетъ каждый разъ новое количество ея. Нѣтъ никакого сомнѣнія, что нашъ смущенный наблюдатель будетъ очень благодаренъ за такое объясненіе. Онъ знаетъ вѣсъ воды, то притяженіе, которое всасываетъ его палецъ въ отверстіе шприца или насоса, онъ прекрасно знаетъ изъ личнаго опыта, что болѣе тяжелое тѣло перевѣшиваетъ менѣе тяжелое, и его инстинкту уже не противорѣчитъ болѣе то, что вода именно такъ, а не иначе течетъ въ сифонѣ. Напротивъ того, онъ чувствуетъ, что иначе вода здѣсь течь не можетъ. См. фиг. 62, гдѣ изображена цѣпь, перетекающая изъ одного чайнаго стакана, стоящаго выше, въ другой, стоящій ниже.


Фиг. 62.

Представимъ себѣ теперь, что нашъ наблюдатель замѣчаетъ, что въ сифонѣ, наполненномъ ртутью, ртутный столбъ обрывается, достигши высоты въ 76 см., и что если наклонить такой сифонъ къ горизонту такъ, чтобы вертикальная высота колѣна сифона упала ниже этого предѣла, ртутный столбъ опять течетъ вверхъ. У него явится тогда потребность это принужденіе, заставляющее жидкость держаться вмѣстѣ, какъ одно цѣлое, представлять себѣ, какъ ограниченное, опредѣленное давленіе, которое можетъ быть измѣрено высотой столба жидкости. Если въ пустотѣ, въ освобожденномъ отъ воздуха колоколѣ воздушнаго насоса теченіе жидкости въ сифонѣ совсѣмъ прекращается, то это вынуждаетъ насъ разсматривать, какъ принудительную силу, заставляющую жидкость держаться вмѣстѣ, упругое давленіе, обусловленное собственнымъ вѣсомъ воздуха. См. фиг. 63, гдѣ изображенъ ртутный сифонъ, въ которомъ жидкость течетъ вверхъ, если наклонить сифонъ къ горизонту, и перестаетъ течь, если поставить сифонъ въ вертикальномъ положеніи.

Итакъ, когда какой-нибудь фактъ покажется намъ страннымъ,

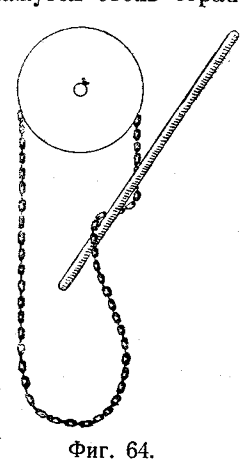
чуждымъ, то мы можемъ объяснить его себѣ, освоиться съ нимъ, когда мы усматриваемъ, что въ основѣ его лежитъ одновременное существованіе извѣстныхъ намъ уже однородныхъ или неоднородныхъ фактовъ. Точно такъ же обратное цвѣтное изображеніе вещей внѣшняго міра на бѣлой стѣнѣ темной камеры *Порта* объясняемъ, какъ рядъ расположенныхъ рядомъ и ограниченныхъ небольшимъ отверстіемъ цвѣтныхъ отраженій. Спектръ *Ньютона* мы объясняемъ, какъ рядъ цвѣтныхъ лучей, не равно преломленныхъ и отклоненныхъ въ одной и той же призмѣ. Криволинейный путь горизонтально брошеннаго тѣла мы получаемъ сло женіемъ горизонтальнаго движенія, сообщеннаго тѣлу нашимъ двигательнымъ импульсомъ, съ вертикальнымъ движеніемъ паденія.


Фиг. 63.

Можетъ показаться страннымъ, что капля воска, помѣщенная на одномъ концѣ накаленной проволоки течетъ въ сто рону, противоположную накаленному концу, хотя бы для этого приходилось подниматься вверхъ. Но если мы уже знаемъ, что капиллярное поверхностное натяженіе капли на болѣе холодной части проволоки больше, то наблюдаемое движеніе представляется намъ, какъ естественное слѣдствіе односторонняго нагрѣванія. Каплю *Лейденфроста* на накаленной металлической пластинкѣ мы объясняемъ значительной силой упругости и ничтожной теплопроводностью носящихъ каплю паровъ; точно такъ-же мы объясняемъ быстрое, сопровождаемое шипѣніемъ, испареніе той же капли при паденіи температуры пластинки и ослабленіи силы упругости пара. Лучъ свѣта, падающій подъ угломъ на поверхность воды, преломляется въ ней такъ, что уголъ между преломленнымъ лучемъ и перпендикуляромъ меньше угла, который образуетъ съ перпендикуляромъ падающій лучъ; это явленіе мы объясняемъ уменьшеніемъ въ водѣ скорости распространенія свѣтовыхъ волнъ.

Особенно обращаютъ на себя вниманіе и поражаютъ насъ факты, происходящіе при обычныхъ условіяхъ, но въ совершенно необычныхъ количественныхъ отношеніяхъ, и этимъ оказывающіеся въ противорѣчіи съ инстинктивными нашими ожиданіями, разсчитанными на другіе размѣры. Объясняемъ мы это, обративъ вниманіе на особыя рѣшающія здѣсь условія. Выпущенное изъ рукъ тѣло падаетъ на землю. Выброшенное съ большой скоростью въ горизонтальномъ направленіи тѣло описываетъ сначала, прежде

чѣмъ описать параболу, почти прямой горизонтальный путь, такъ что первымъ изслѣдователямъ второе, «насильственное движеніе» казалось даже совершенно отличнымъ отъ перваго, «естественнаго». Для познанія однородности обоихъ движеній достаточно обратить вниманіе на тотъ короткій промежутокъ времени, въ который описываются первые элементы пути, чтобы затѣмъ понять и соотвѣтственные, едва замѣтные элементы начинающагося паденія. Пусть мощная, совершенно равномѣрная горизонтальная струя воды вступаетъ въ комнату черезъ отверстіе въ стѣнѣ и выступаетъ черезъ другое отверстіе. Если бы кто-нибудь зналъ, что это тѣло—жидкое, но не зналъ бы его скорости, то это водяное тѣло, висящее въ воздухѣ, должно было бы представлять для него самую странную и удивительную вещь, какую онъ когда-либо зналъ. Только тотъ короткій промежутокъ времени, въ теченіе котораго эта вода вообще остается въ комнатѣ, могъ бы помочь разрѣшить загадку. По тѣмъ же причинамъ кажутся столь странными явленія, наблюдаемыя на цѣпи *Айткина*, быстро вращающейся на шкивѣ динамомашины. Если гладкимъ металлическимъ стержнемъ какъ-нибудь изогнуть эту цѣпь (фиг. 64), то измѣненіе съ удаленіемъ стержня исчезаетъ очень медленно, не смотря на дѣйствіе силы тяжести. Если снизу приблизить гладкую пластинку, то можно ей поднять всю цѣпь, отдѣлить ее отъ шкива, и она будетъ вращаться на подставкѣ далѣе, медленно измѣняя свою форму, пока она не истратитъ всю свою скорость на преодолѣніе сопротивленія отъ тренія, и только тогда упадетъ. Точно такъ-же диски изъ бумаги или картона, отогнутые въ сторону гладкимъ стержнемъ во время быстраго вращенія, только медленно принимаютъ опять свою плоскую прямую форму. Во всѣхъ аналогичныхъ случаяхъ части, быстро пробѣгающія въ связи съ другими свои элементы пути, не имѣютъ достаточно времени, чтобы поддаться вполнѣ дѣйствію обычныхъ внѣшнихъ силъ.

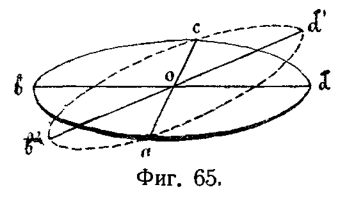


Фиг. 64.

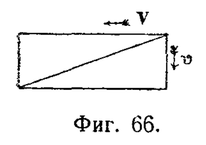
Въ близко родственной связи съ изложенными здѣсь процессами находятся явленія, наблюдаемыя на волчкѣ и оказывающіяся въ столь рѣзкомъ противорѣчіи съ инстинктивными ожиданіями всякаго, кто наблюдаетъ ихъ въ первый разъ. Уже одно то, что

вращающійся на своемъ остріѣ волчекъ, не падаетъ [1]), что его ось вращенія, косо поставленная относительно вертикали, медленно описываетъ около этой послѣдней конусъ, кажется чрезвычайно загадочнымъ. Если схватить кольцо, въ которомъ находится ось вращающагося волчка, и попытаться вывести ее изъ того направленія, въ которомъ она вращается, то не только чувствуется сильное сопротивленіе, но кажется, будто мощныя, невидимыя руки какихъ-то призраковъ, какъ будто знающихъ всегда заранѣе о нашемъ намѣреніи и стремящихся помѣшать ему, вращаютъ волчекъ около оси, перпендикулярной къ оси желаемаго нами вращенія. Особенно жуткое впечатлѣніе получается, если волчекъ равномѣрно и безшумно вращается въ замкнутомъ ящичкѣ, который передаютъ намъ въ руки.

На путь принципіальнаго пониманія явленій волчка можетъ привести одно весьма простое соображеніе. Представимъ себѣ горизонтально брошенное тѣло a (фиг. 65) и не будемъ сначала принимать во вниманіе его вѣса. Если соединимъ это тѣло при помощи нерастяжимой нити съ неподвижной точкой o въ горизонтальной его плоскости, то оно будетъ описывать около этой точки горизонтальный кругъ $abcd$. Если какому-нибудь другому тѣлу, находящемуся въ покоѣ, сообщить въ точкѣ a безконечно малую, вертикальную скорость внизъ, оно будетъ двигаться по этой вертикали внизъ; если же нашему тѣлу a, движущемуся уже съ горизонтальной скоростью V, сообщить еще въ точкѣ a вертикальную скорость внизъ v, то оно будетъ двигаться въ косомъ направленіи внизъ по равнодѣйствующей изъ V и v. При одномъ и томъ же углѣ наклона вертикальная скорость, которую придется сообщить тѣлу, будетъ тѣмъ больше, чѣмъ больше горизонтальная его скорость V (см. фиг. 66). Одного только, чистаго вертикальнаго движенія никакъ добиться



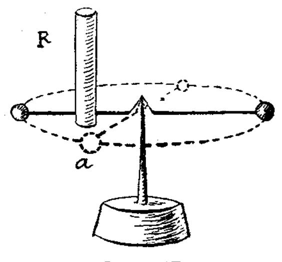
Фиг. 65.



Фиг. 66.

[1]) Отъ странствующихъ фокусниковъ можно иногда слышать, что вращающійся волчекъ свободенъ отъ дѣйствія силы тяжести. Стоитъ однако вслѣдствіе какой-нибудь несчастной случайности волчку упасть на землю, чтобы это воззрѣніе было опровергнуто съ очевидностью, не оставляющей сомнѣній. Но само это воззрѣніе бросаетъ нѣкоторый свѣтъ на первобытную исторію механики и ея психологію.

нельзя у горизонтально брошеннаго тѣла, какъ бы ни были велики вертикальныя силы и вертикальныя скорости. Но чего трудно достичь у горизонтально брошеннаго тѣла, становится еще труднѣе, когда весь кругъ *acbd* наполненъ такими тѣлами, связанными между собою упругой связью, а именно это мы получаемъ, если представимъ себѣ вращающійся волчекъ состоящимъ изъ множества такихъ брошенныхъ тѣлъ. Отсюда большое сопротивленіе вертикальному давленію въ точкѣ *a*. Но вмѣстѣ съ тѣмъ ясно, что каждое вертикальное давленіе въ точкѣ *a* (фиг. 65)— дѣйствіе силы тяжести, напримѣръ, или если дуть въ трубу *R* (фиг. 67)— такъ должно измѣнять плоскость движенія, какъ будто эта послѣдняя въ точкѣ *b* перемѣстилась въ *b′cd′a* [1]). Этимъ краткимъ указаніемъ намъ придется здѣсь удовольствоваться: кто желаетъ познакомиться съ подробностями вращенія волчка, тотъ долженъ отказаться отъ мысли охватить ихъ однимъ взглядомъ, а ему приходится осваиваться съ ними шагъ за шагомъ при помощи различныхъ вычисленій. Впрочемъ, вращательное движеніе волчка имѣетъ много родственныхъ чертъ съ болѣе простымъ движеніемъ коническаго маятника, въ которомъ паденіе тѣла тоже предупреждается сообщеніемъ ему нѣкоторой скорости.



Фиг. 67.

Случается иногда, что наше ожиданіе оказывается обманутымъ и при обстоятельствахъ простыхъ и прекрасно намъ знакомыхъ; происходитъ это потому, что соотношеніе нѣкоторыхъ величинъ бываетъ тогда необычнымъ. Пусть стеклянная пластинка подвѣшена на ниткахъ, образуя легко подвижный маятникъ. Если выстрѣлить въ пластинку, она придетъ лишь въ слабое движеніе, а пуля пробьетъ лишь точно ограниченное круглое отверстіе, безъ трещинъ и осколковъ. Кто не удивится такому результату? А между тѣмъ это очень просто: вслѣдствіе ничтожной скорости распространенія поперечныхъ волнъ, пластинка не имѣла времени согнуться и дать трещины, а давленіе пули на ближайшія части пластинки продолжалось очень короткое время. Врядъ ли кому-нибудь придетъ въ голову пробивать дверь изъ сосноваго дерева толщиной въ два сантиметра стержнемъ изъ того же дерева въ 12 мм. толщиной и

---

[1]) Опытъ этотъ легко произвести при помощи двухъ одинаковыхъ монетъ, связанныхъ одной проволокой и вращающихся на остріѣ въ горизонтальной плоскости.

60 сантиметровъ длиной: онъ будетъ чувствовать, что стержень согнется, сломается, расщепится. Но если выстрѣлить такимъ стержнемъ изъ ружья въ эту самую дверь, онъ пробьетъ ее, не сломавшись и не расщепившись, и останется въ ней, какъ будто спеціально вставленный столяромъ. Здѣсь не хватило времени для сгиба, для образованія первой четверти поперечнаго колебанія, а слѣдовательно, и для поломки.

Новое въ количественномъ отношеніи почти всегда придаетъ тѣлу и качественно новый видъ. Если провести какое-нибудь тѣло сквозь пламя съ умѣренной скоростью, пламя разгорается. Но, какъ это можно доказать при помощи моментальной фотографіи, пламя или горячій воздушный столбъ пробуравливается быстро летящимъ тѣломъ такъ, какъ тѣло твердое, не деформируясь и не приходя въ движеніе, что объясняется ничтожной скоростью распространенія въ газахъ дѣйствія тренія. Обыкновенный порохъ можно сжигать на ладони руки, но динамитный патронъ, взорванный на толстой подставкѣ, пробиваетъ эту послѣднюю. Разница, какъ это можно доказать, заключается лишь въ томъ, что взрывающіяся частицы пороха медленно пріобрѣтаютъ свою скорость, между тѣмъ какъ динамитъ, взрываясь въ очень короткое время, сейчасъ сообщаетъ своимъ частицамъ очень большія скорости, скорости летящихъ пуль, такъ сказать, и подставка какъ бы простреливается.

Во всѣхъ этихъ примѣрахъ объясненій, какъ бы различны ни были ихъ типы, дѣло сводится все къ одному и тому же: въ фактахъ, которые кажутся намъ чуждыми и странными, отыскиваются части и стороны, которыя намъ привычны и знакомы. Передъ нами не только процессъ *логическій*—сведеніе одного какого-нибудь положенія къ другому или нѣсколькимъ другимъ,—а и процессъ *психологическій*—замѣна чуждыхъ намъ образовъ воспріятія и представленія привычными и знакомыми намъ. Устраненіе *психофизіологической* безпокоющей насъ помѣхи—вотъ въ сущности, къ чему здѣсь дѣло сводится. Чудесно выясняетъ естественную исторію проблемы,—какъ это называетъ *Г. Геффдингъ* [1]),—*Р. Авенаріусъ* своими примѣрами во второмъ томѣ «Критики чистаго опыта». Естествоиспытатели, не склонные къ болѣе или менѣе абстрактнымъ философскимъ разсужденіямъ, получатъ вкусъ ко всему изложенію Авенаріуса, если они начнутъ чтеніе его книги съ этихъ примѣровъ и добавленій, напечатанныхъ болѣе мелкимъ шрифтомъ.

1) *H. Höffding*, Moderne Philosophen, Leipzig 1905, стр. 117 и слѣд.

Они тогда станутъ больше цѣнить Авенаріуса, чѣмъ до сихъ поръ его оцѣнили философы.

3. Если у насъ есть возможность осязательно продемонстрировать передъ нашими чувствами каждый изъ моментовъ въ отдѣльности, объясняющихъ, напримѣръ, теченіе воды въ сифонѣ, какъ напримѣръ, упругость и вѣсъ воздуха, или поверхностное натяженіе расплавленнаго воска и т. д., то объясненіе, конечно, никакихъ затрудненій не представляетъ. Но въ какой мѣрѣ это намъ ни удавалось бы, сами факты, которые мы положили въ основу объясненія, при ближайшемъ и болѣе тщательномъ разсмотрѣніи постепенно все болѣе и болѣе перестаютъ быть сами собой понятными и сами какъ будто начинаютъ нуждаться въ объясненіи. Всѣ тѣла, не исключая и воздуха, имѣютъ вѣсъ; это давно уже для насъ нѣчто само собою понятное. Но развѣ здѣсь нѣтъ болѣе пищи для нашей потребности въ объясненіи? Когда мы поднимаемъ кусокъ желѣза съ земли, то бываетъ похоже на то, будто послѣдняя, напрягши какія-то невидимыя мышцы свои, оказываетъ сопротивленіе напряженію собственныхъ нашихъ мышцъ. То же самое мы чувствуемъ, поднимая булыжникъ или кусокъ свинца. Если приблизить руку съ кускомъ желѣза къ полюсу сильнаго электро-магнита, динамомашины, напримѣръ, мы опять чувствуемъ это таинственное притяженіе, исходящее изъ этого полюса; но чѣмъ больше мы приближаемся къ послѣднему, тѣмъ притяженіе становится сильнѣе, пока, наконецъ, оно не становится настолько сильно, что желѣзо вырывается изъ нашихъ рукъ. Притяженіе же, исходящее изъ земли, остается всегда равнымъ. Булыжника или свинца магнитъ, повидимому, не притягиваетъ. Почему же эти притяженія, эти «силы» столь различны? Вотъ вопросъ, который не перестанетъ возникать у насъ, пока мы будемъ наталкиваться на такія различія. *Объясненіе* можетъ имѣть свой конецъ, но *потребность въ объясненіи* никогда.

Когда мы относительно какого-нибудь факта можемъ доказать, что онъ обусловленъ другимъ какимъ-либо фактомъ, что онъ данъ вмѣстѣ съ этимъ послѣднимъ, что онъ имъ опредѣляется, объясняется, т. е., собственно, съ нимъ тождественъ, то нашъ образъ извѣстнаго комплекса фактовъ много, безъ сомнѣнія, выигрываетъ въ простотѣ, единствѣ, наглядности, раціональномъ удобствѣ и практической пригодности. Ничего, поэтому, нѣтъ естественнѣе, когда люди придаютъ столь большое значеніе открытію такого объясненія. Но это не должно вводить насъ въ заблужденіе и мы не

должны *смѣшивать* цѣнности *упрощенія* нашей системы представленій и мыслей съ цѣнностью *фактовъ или знанія фактовъ*. Знаніе какого-нибудь факта остается равно важнымъ и цѣннымъ, безразлично, извѣстенъ ли просто этотъ фактъ, или объясненъ, сведенъ ли онъ къ другому факту или нѣтъ. Фактъ, необъясненный, не хуже, не менѣе дѣйствителенъ и не менѣе важенъ, чѣмъ фактъ объясненный.

4. Удастся ли вновь открытый фактъ объяснить при помощи того запаса познаній знакомыхъ и привычныхъ, который имѣется уже на лицо, зависитъ всецѣло отъ данной ступени развитія науки. Допущеніе, что оно должно быть такъ, что опытъ вчерашній исчерпываетъ уже и опытъ сегодняшняго и завтрашняго дня, есть допущеніе слишкомъ поспѣшное и свидѣтельствуетъ именно о молодости науки. Изъ исторіи научныхъ изслѣдованій извѣстно, что часто въ самыхъ важныхъ случаяхъ частичные факты, на которыхъ могло бы основываться объясненіе какого-нибудь новаго наблюденія, вовсе не были еще даже извѣстны, а ихъ пришлось лишь открывать. Тогда ученые прибѣгали всегда къ тому методу изслѣдованія, который *Ньютонъ* называетъ *аналитическимъ*. Методъ этотъ состоитъ въ томъ, что изслѣдуются *условія*, при которыхъ обратившій на себя вниманіе фактъ, подлежащій объясненію, можетъ происходить именно такъ, какъ онъ и происходитъ въ дѣйствительности. При помощи этого метода *Ньютонъ* объяснилъ призматическій спектръ тѣмъ, что бѣлый свѣтъ состоитъ изъ различныхъ цвѣтовъ не равной преломляемости, цвѣта тонкихъ пластинокъ объяснилъ не равной періодичностью этихъ составныхъ частей и такимъ образомъ доказалъ сложность бѣлаго свѣта. Здѣсь *вновь открытые* факты гораздо болѣе необычны, замѣчательны и важны, чѣмъ тѣ, которые дали поводъ къ отысканію и открытію ихъ. Нахожденіе ихъ есть настоящее *открытіе*. Но съ признаніемъ вновь открытыхъ фактовъ становятся понятными и тѣ факты, стремленіе къ объясненію которыхъ послужило исходнымъ началомъ изслѣдованія, какъ и многіе другіе еще факты. Такимъ образомъ, если стремленіе научнаго изслѣдователя къ объясненію увѣнчиваются успѣхомъ, то этотъ успѣхъ вовсе не всегда выражается въ томъ, что ему удается неизвѣстное еще свести къ извѣстному уже. Но всегда однако оно сводится къ одному: къ *констатированію фактовъ и связи между ними*.

5. Если очевидное доказательство предположенныхъ частей или сторонъ какого-нибудь факта не удается, то ихъ обыкновенно про-

буютъ временно принять за существующія, въ надеждѣ, что доказательство это удастся найти впослѣдствіи. Но тамъ, гдѣ по самой природѣ допущенія такой надежды вовсе нѣтъ, это гипотетическое объясненіе должно быть названо праздной выдумкой. Чтобы правильно понять все отвращеніе *Ньютона* и *Кирхгоффа* къ игрѣ гипотезами и протесты ихъ противъ нея, необходимо принять въ соображеніе, какъ въ ихъ время злоупотребляли этимъ вспомогательнымъ средствомъ науки. Этимъ именно и объясняются отрицательные отзывы этихъ ученыхъ о гипотезахъ. Противъ упрощенія посредствомъ вскрытія связи между фактами, на первый взглядъ изолированными, оба они ничего не имѣли. Напротивъ того, они оба дали мощный толчекъ научному изслѣдованію въ этомъ направленіи. Что касается *Ньютона*, то и приведенныхъ выше примѣровъ достаточно для доказательства этого нашего утвержденія о немъ. По отношенію же къ *Кирхгоффу* доказательствомъ этого можетъ служить его экспериментальное открытіе пропорціональности между способностью тѣла поглощать и способностью его испускать лучи—пропорціональности для каждаго особаго рода лучей въ отдѣльности, каковое открытіе онъ сейчасъ же теоретически привелъ въ связь съ подвижнымъ равновѣсіемъ теплоты. Какъ *Ньютонъ*, такъ и *Кирхгоффъ* приписывали величайшее значеніе констатированію послѣднихъ фактовъ, которые не поддаются уже дальнѣйшему объясненію, а могутъ быть только фиксированы описаніемъ. Этимъ характеризуется *положительная* сторона ихъ изреченій.

6. Должны быть приняты во вниманіе *обѣ* стороны лейтмотива *Кирхгоффа*, иначе дѣйствительно легко затемнить хорошее старое различеніе. А именно это и является источникомъ постоянныхъ полемическихъ схватокъ. Еще задолго до *Кирхгоффа*, въ 1844 г. *Германнъ Грассманнъ* слѣдующимъ образомъ формулировалъ цѣль всякой науки: «согласіе мышленія съ бытіемъ и согласіе процессовъ мышленія между собою». Это выраженіе гораздо менѣе доступно ложнымъ толкованіямъ, чѣмъ формула *Кирхгоффа*: «полное и простѣйшее описаніе». Менѣе доступенъ также ложнымъ толкованіямъ превозглашенный нѣсколько лѣтъ спустя *Кирхгоффомъ* основной мотивъ научнаго изслѣдованія: «экономическое описаніе фактовъ дѣйствительности». Очень интересно и убѣдительно развилъ эту мысль недавно *П. Дюгемъ* въ своемъ сочиненіи: «La theorie physique, son objet et sa structure» (Paris, 1906).

7. Особенно много противниковъ, и противниковъ выдающихся, *Кирхгоффъ* встрѣтилъ среди біологовъ. И это не удивительно: из-

реченіе *Кирхгоффа* имѣло въ виду прежде всего физиковъ, а въ области физики дѣла обстоятъ совсѣмъ иначе уже, чѣмъ въ біологіи. *В. Ру* [1]) превосходно выясняетъ свой взглядъ на формулировкѣ *закона паденія* тѣлъ, одинаково обязательнаго для пера и куска свинца, и на *описаніи* паденія пера при условіи давленія воздуха и при условіи тяги воздуха. Онъ приходитъ къ слѣдующему заключенію: «результаты описательнаго и каузально-аналитическаго изслѣдованія должны быть формулированы совершенно отдѣльно, записаны и различно оцѣнены». Само собою разумѣется, что никто этому противорѣчить не станетъ, если только подъ описаніемъ понимать описаніе индивидуальнаго случая, но для физики въ виду гораздо болѣе простыхъ соотношеній, которыми ей приходится оперировать, это уже давно пройденный этапъ. *Кеплеръ* нашелъ свои законы сначала только для движенія Марса и они были тогда простыми описаніями. Если бы ему удалось продолжать свои изслѣдованія, наблюдая съ большей точностью, онъ нашелъ бы, что ни одна планета не удовлетворяетъ его законамъ въ полной точности, а что каждая изъ нихъ въ различныя времена различнымъ образомъ отклоняется отъ нихъ. Но вотъ *Ньютонъ* аналитическимъ изслѣдованіемъ находитъ, что ускореніе массъ обратно пропорціонально квадрату разстоянія между ними, и онъ можетъ подводить подъ этотъ законъ движеніе въ каждомъ элементѣ пространства и въ каждый элементъ времени и описать, какъ движеніе, установленное *Кеплеромъ*, такъ и отклоненія отъ него. Но объясненія самого этого ускоренія массъ у насъ нѣтъ еще и по настоящее время. Такимъ образомъ законъ тяготѣнія *Ньютона* есть одно лишь описаніе и если не описаніе индивидуальнаго случая, то *описаніе безчисленнаго множества фактовъ въ ихъ элементахъ*.

8. Если смотрѣть на естествознаніе, какъ на нѣчто вполнѣ или почти вполнѣ готовое, которое можно изучить, какъ на него смотритъ *учитель*, сообщающій ученику опредѣленныя познанія, то склонность къ *объясненіямъ* вполнѣ понятна. Для *научнаго изслѣдователя* та же наука есть нѣчто совсѣмъ другое: нѣчто развивающееся, подвергающееся постояннымъ измѣненіямъ, эфемерное; его цѣль главнымъ образомъ *констатированіе фактовъ и связи между ними*. Какіе факты объявляются наиболѣе важными, наиболѣе за-

---

[1]) *W. Roux*, Vorträge über Entwickelungmechanik 1905, Heft 1, стр 24 и слѣд.

служивающими объясненія и изслѣдованія, какіе факты представляютъ наибольшій интересъ, зависитъ отъ тѣхъ или другихъ условій времени. Со времени *Галилея* и почти до конца XIX столѣтія высшая объяснительная сила признавалась за фактами *механики*. Въ настоящее время руководящая роль переходитъ, повидимому, къ *электродинамикѣ*, что люди болѣе дальнозоркіе давно уже предвидѣли. Но врядъ ли дѣло на этомъ остановится. Когда полное разложеніе атомной теоріи, къ которому должно привести представленіе электрона, будетъ дѣломъ завершившимся, снова станутъ на очередь *проблемы* матеріи, времени и пространства.

XXIV.

Кинематическій курьезъ [1]).

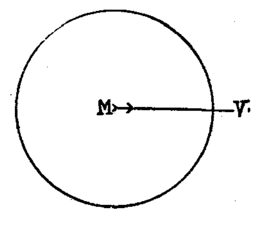
Богатъ средневѣковыми и современными постройками, богатъ историческими воспоминаніями тотъ городъ, съ которымъ я былъ связанъ въ теченіе нѣсколькихъ десятилѣтій, благодаря моей профессіи. Богатъ онъ талантами, изобрѣтателями, реформаторами, оригиналами и чудаками всякаго рода и, можно сказать, самъ онъ весь какой-то чудной. Живутъ въ немъ представители двухъ расъ, непрестанно враждующіе между собою, и въ основѣ этой вражды лежатъ многія важныя, серьезныя причины. Но если въ тотъ или другой моментъ серьезной причины для вражды нѣтъ, послѣдняя питается и всевозможными мелочами и капризами Надписи, названія улицъ служатъ обыкновенно для того, чтобы помочь человѣку оріентироваться. Но у насъ въ этомъ городѣ странствующій путешественникъ могъ бы въ одинъ прекрасный день убѣдиться въ томъ, что онѣ могутъ служить и для дезоріентированія, лишь бы позлить противника: появились надписи на чешскомъ, нѣмецкомъ, французскомъ, русскомъ, турецкомъ и греческомъ языкахъ. Впрочемъ, гіероглифовъ, ассирійскихъ и китайскихъ надписей, на сколько мнѣ помнится, не было. И тѣмъ не менѣе, сколь часто мнѣ приходилось быть свидѣтелемъ, какъ эти враждующіе братья объединялись въ *одномъ* чувствѣ, когда надо было выразить свой протестъ противъ чего-либо отжитаго, антикультурнаго, не соотвѣтствующаго времени. Казалось, что они желали однимъ натискомъ снести все это съ лица земли! Правда, долго это не продолжалось! Да и какъ оно могло бы продолжаться долго, если враждующіе не были способны предъ лицемъ болѣе важныхъ, общихъ, болѣе долговѣчныхъ цѣлей, по крайней мѣрѣ, на время забыть свои спорные пункты, менѣе важные? Мало отраднаго, больше печальнаго переживаешь въ такомъ городѣ. Настоящій разсказъ мы посвятимъ однако веселому воспоминанію.

---

[1]) Статья переведена съ рукописи. Прим. пер.

Идя однажды вдоль длинной широкой улицы, я вдругъ увидѣлъ непосредственно предъ собою своеобразную пару: какой то мужчина двигался впередъ вполнѣ правильными, размѣренными шагами, не обращая ни малѣйшаго вниманія на окружающее и послѣ каждыхъ четырехъ шаговъ выпуская облако табачнаго дыма, попеременно то направо, то налѣво; въ это же время собака его съ величайшей быстротой, какъ бы автоматически, бѣгала вокругъ его ногъ въ тѣсномъ кругѣ поперемѣнно то въ одномъ, то въ другомъ направленіи. Въ теченіе довольно продолжительнаго времени я слѣдовалъ за этой парой, наблюдая ее. Казалось, что какой-то автоматъ спрыгнулъ съ пражескихъ или страсбургскихъ часовъ и здѣсь прогуливается, не обращая на себя никакого вниманія. Мы приближались къ дому, замыкающему эту улицу, и я сталъ надѣяться, что это фиктивное Я здѣсь то исчезнетъ, какъ вдругъ аппаратъ, свернувъ въ одну изъ боковыхъ улицъ, въ утѣшеніе виталистамъ обнаружилъ энтелехію, автономію, душу, жизнь. Но что же такое это было? Цирковой клоунъ со своей выдрессированной собакой? Или плодъ полубезсознательнаго или совершенно безсознательнаго приспособленія филистера-собаки къ еще большему филистеру, хозяину своему?

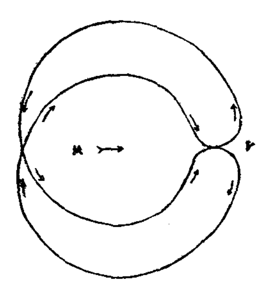
Но прежде всего попробуемъ просто схематически описать наблюденныя движенія. Пусть точка M на фиг. 68 изображаетъ нашего чудака, шествующаго въ направленіи MV. Представимъ себѣ сначала, что онъ находится въ покоѣ. Пусть морда собаки схематически обозначена одной точкой, которая описываетъ около точки M, какъ центра, начиная съ точки V, полный кругъ въ направленіи движенія часовой стрѣлки и, вернувшись въ точку V, описываетъ новый кругъ въ обратномъ направленіи, у V снова поворачивается, чтобы опять описать кругъ въ направленіи движенія часовой стрѣлки и т. д. и т. д. Необходимо обратить вниманіе на то, что при каждомъ поворотѣ въ точкѣ V собака поворачиваетъ морду впередъ, и мы тогда сможемъ оба движенія въ противоположныхъ направленіяхъ изобразить въ видѣ замкнутой кривой фигуры 69, при чемъ обѣ части кривой могутъ произвольно близко совпадать какъ другъ съ другомъ, такъ и съ кругомъ.



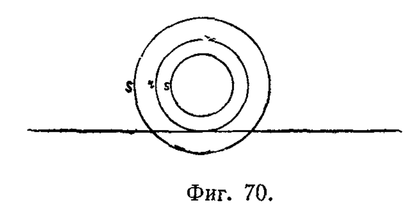
Фиг. 68.

Представимъ себѣ теперь точку H, которая описываетъ постоянно въ одномъ направленіи кругъ около точки M, какъ центра, въ то время, какъ сама эта точка M движется равномѣрно по

прямой. Описанныя точкой Н кривыя суть, такъ называемыя, циклоиды. Мы легко можемъ получить ихъ механически, заставивъ катиться по прямымъ рельсамъ цилиндръ радіуса r въ то время, какъ прикрѣпленный къ нему на разстояніи ρ отъ оси его карандашъ выписываетъ кривую на покоющейся натянутой бумагѣ (фиг. 70). Здѣсь $2\pi r = I$ изображаетъ путь точки М во время одного оборота точки Н. Характеръ кривой, которую описываетъ точка Н, зависитъ отъ отношенія между ρ и r. Мы получаемъ простую циклоиду при $\rho = r$, растянутую циклоиду при $\rho < r$ и петлеобразную при $\rho > r$. Только при $\rho = r$ точка Н можетъ одинъ разъ въ теченіе одного оборота оказаться на оси вращенія и на моментъ оказаться въ покоѣ, вслѣдствіе чего кривая здѣсь образуетъ острый уголъ. При $\rho < r$ этотъ острый уголъ дѣлается все болѣе и болѣе тупымъ. При $\rho > r$ мы имѣемъ частью и обратное движеніе точки А, вслѣдствіе чего появляется петля, точка пересѣченія которой въ нашихъ условіяхъ опыта съ наростаніемъ ρ передвигается вверхъ. На фиг. 71, 1—4 изображены всѣ типы кривой Н.



Фиг. 69.

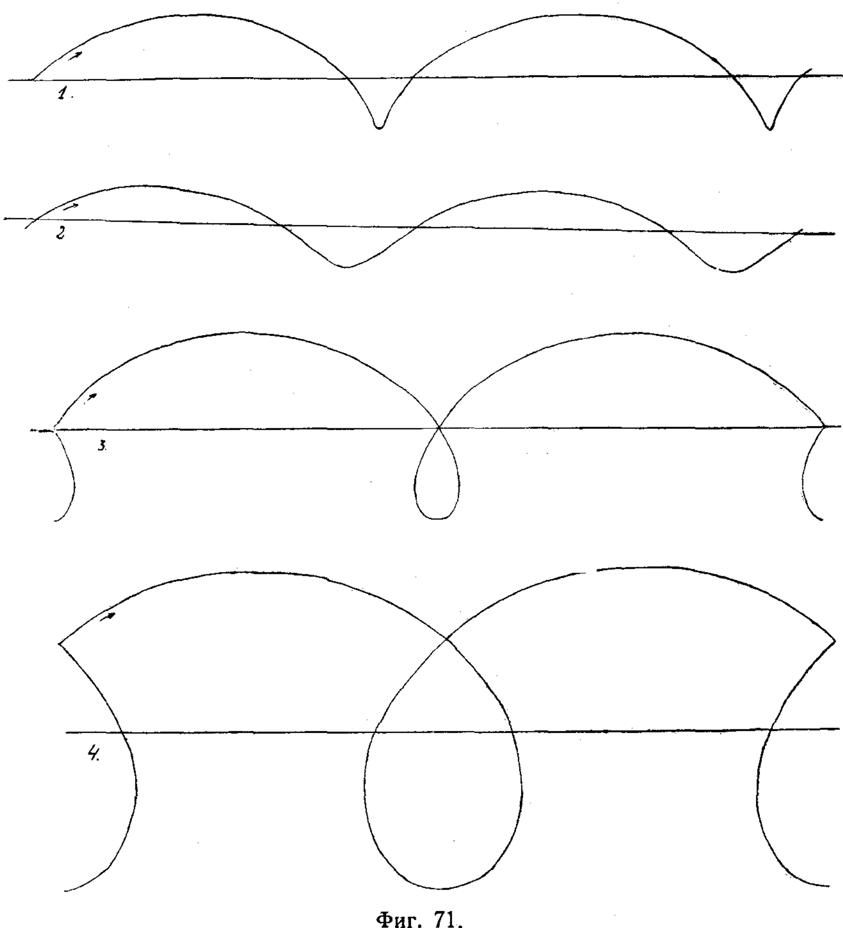


Фиг. 70.

Если мы теперь будемъ мѣнять направленіе движенія, то съ каждой такой перемѣной направленія происходитъ перемѣщеніе ординатъ кривой *Н* сверху внизъ и обратно, какъ это изображено на фиг. 72, гдѣ кривыя 1 а—4 а соотвѣтствуютъ кривымъ 1—4 фиг. 71. Въ нашемъ случаѣ, который мы наблюдали, собака дѣйствительно описывала петли, т. е. на самомъ дѣлѣ совершала отчасти движенія обратныя.

Попробуемъ теперь выяснить себѣ мотивы, которые могли побуждать собаку, слѣдующую за своимъ хозяиномъ, къ столь страннымъ и сложнымъ движеніямъ. Съ одной стороны собакѣ въ общемъ не хочется слишкомъ далеко удалиться отъ него, но съ другой стороны она имѣетъ потребность въ большемъ числѣ движеній, а большей частью также и въ болѣе быстрыхъ движеніяхъ, чѣмъ ея хозяинъ. Только рѣдко можно встрѣтить собаку довольно крупной величины, важно шествующую рядомъ со своимъ хозяиномъ. У маленькихъ собачекъ короткія, быстро движущіяся лапки. Большей

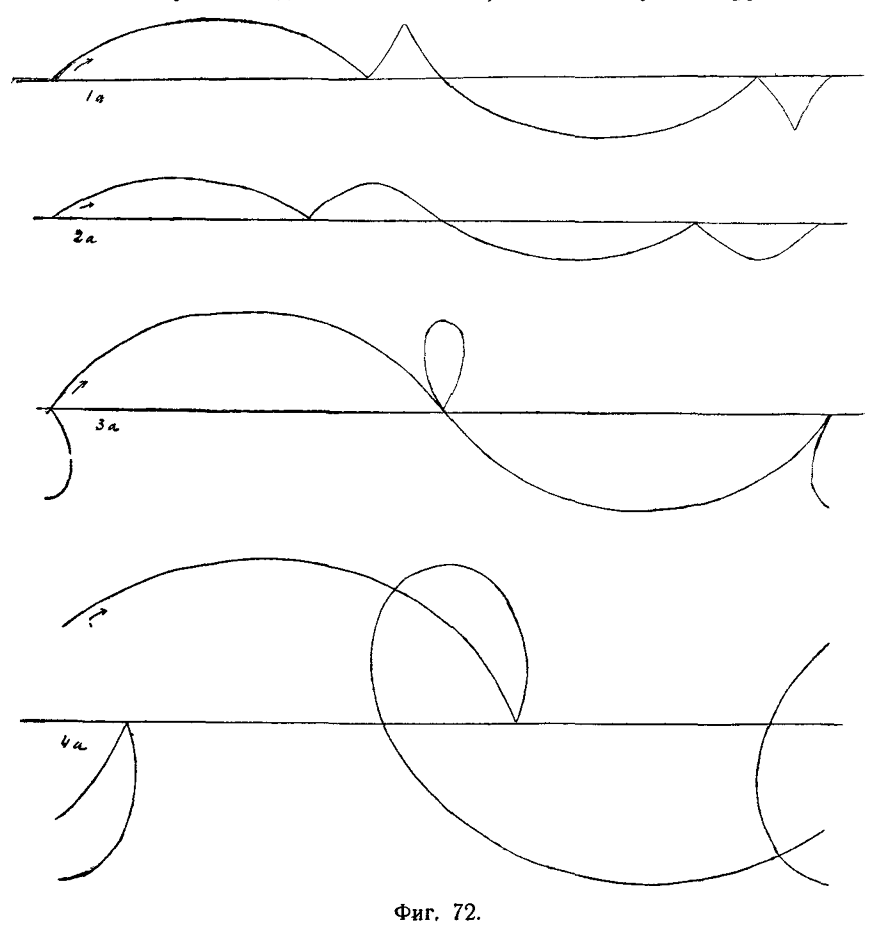
частью онѣ отбѣгаютъ далеко отъ него и возвращаются къ нему обратно и такимъ образомъ совершаютъ въ то же время гораздо



Фиг. 71.

болѣе значительный путь, чѣмъ онъ, не удаляясь однако отъ него слишкомъ далеко. Допустимъ теперь, что хозяинъ собаки такой педантъ, что онъ заставляетъ ее постоянно оставаться въ непо. средственной близости около него. Собака должна подчиниться, но чтобы выгадать соотвѣтствующую мѣру движенія и скорости, ей приходится бѣгать вокругъ него въ кругѣ. Если наибольшее разстояніе, на которое она можетъ отъ него удалиться, есть r, то, дѣлая одинъ кругъ около своего хозяина, она совершаетъ путь приблизительно въ 6 r; если же и хозяинъ двигается, то путь ея увеличивается приблизительно на путь, пройденный хозяиномъ. Но

зачѣмъ же перемѣна направленія послѣ каждаго полнаго оборота? Собака поступаетъ здѣсь точно такъ, какъ поступаетъ рудокопъ,



Фиг. 72.

который, сдѣлавъ одинъ оборотъ по винтовой лѣстницѣ, инстинктивно совершаетъ одно вращательное движеніе въ противоположномъ направленіи и только потомъ продолжаетъ спускъ дальше. Этимъ онъ предупреждаетъ головокруженіе и другія непріятныя послѣдствія. Правда, что *для той же цѣли* онъ могъ бы сдѣлать двойное вращательное движеніе послѣ двухъ или тройное послѣ трехъ оборотовъ, но очевидно, что наиболѣе цѣлесообразна регулярная смѣна, которая совершается съ наименьшей затратой вниманія, наиболѣе экономно, почти автоматически. Похоже на это движеніе собаки вокругъ хозяина движеніе луны вокругъ земли; разница только та, что послѣднее движеніе происходитъ все въ

одномъ и томъ же направленіи, а именно, если смотрѣть съ сѣвернаго полюса земли, въ направленіи, обратномъ движенію часовой стрѣлки. Путь луны есть удлиненная циклоида или скорѣе эпициклоида, типа фиг. 71, 2. Длины обѣихъ слѣдующихъ другъ за другомъ волнъ по обѣимъ сторонамъ пути находящагося въ центрѣ тѣла здѣсь будутъ $l+2r$ и $l-2r$, гдѣ l есть длина пути во время полоборота, а r—радіусъ орбиты луны. Такъ какъ для земли $l=5$ милліонамъ миль, а $r=50$ тысячъ миль, то $\frac{l+2r}{l-2r}=\frac{51}{49}$, такъ что болѣе длинная волна только на 0,04 длиннѣе болѣе короткой. Начертанная надъ орбитой земли орбита луны производитъ, поэтому, почти впечатлѣніе синусоидальной линіи.

Движеніе луны представляетъ еще ту особенность. что луна постоянно обращена къ землѣ одной и той же стороной. Предполагаютъ, что нѣкогда этого не было и что это есть результатъ дѣйствія волнъ прилива на землѣ и нѣкогда также на лунѣ. Собакѣ было бы трудно бѣгать вокругъ хозяина такъ, чтобы быть обращенной къ нему всегда одной и той же стороной. Зато луна не можетъ измѣнять направленія своего движенія, тогда какъ собака совершаетъ это съ легкостью при помощи накопленнаго въ ея мышцахъ запаса энергіи. Весь запасъ энергіи луны содержится въ живой силѣ ея скорости и для того, чтобы придать этой послѣдней обратное направленіе, потребовался бы упругій ударъ въ неупругую стѣну огромной массы и силы сопротивленія. Но лунѣ не приходится избѣгать головокруженія. Луна удерживается на извѣстномъ разстояніи отъ земли силой тятотѣнія, а собака удерживается на извѣстномъ разстояніи отъ хозяина силой любви или страха.

Точное приспособленіе собаки къ своему хозяину есть, правда, яркій примѣръ взаимнаго другъ къ другу приспособленія близко связанныхъ между собою органическихъ существъ, но примѣръ далеко не исключительный. Достаточно вспомнить совмѣстныя удовольствія и работы, какъ танцы, молотьба, маршировка и вообще маневры солдатъ, историческіе прообразы ихъ—праздничные и военные танцы дикихъ племенъ, отношенія между начальникомъ и его подчиненными, гармоничную, согласованную работу сердца, легкихъ и остальныхъ частей животнаго организма. Но даже въ мірѣ неорганическомъ случай взаимнаго приспособленія земли и луны далеко не единиченъ. Развилась ли наша планетная система изъ колоссальнаго газообразнаго мірового яйца, согласно теоріи Канта-Лапласа, или космическіе метеориты, сталкиваясь случайно

въ міровомъ пространствѣ, нашли свой modus vivendi въ основанной ими міровой колоніи, какъ это полагаютъ дю-Прель и др., во всякомъ случаѣ могло сохраниться, могло быть найдено существующимъ только то, что носило въ себѣ условія постоянства. Нарушенія должны были компенсировать другъ друга или столь медленно наростать, что, по меньшей мѣрѣ, для эфемернаго взгляда наблюдателя они не существовали. Такъ гласитъ логически-тавтологическая чудесная формула, къ которой прибѣгали мыслители античной древности (Эмпедоклъ и др.) для объясненія того, что съ трудомъ поддавалось объясненію, обращаясь взглядомъ отъ того, что возникло, къ тому, что находилось еще въ процессѣ возникновенія.

Есть ли надежда на то, что будетъ когда нибудь достигнуто полное пониманіе неорганическаго и органическаго съ точки зрѣнія однихъ и тѣхъ же основныхъ принциповъ? Представители науки не пришли еще по этому вопросу къ полному соглашенію. Дѣло въ томъ, что свойства этихъ двухъ классовъ существъ, наблюдаемыхъ нами въ окружающей насъ средѣ, весьма различны какъ будто по своему характеру. Поэтому, если нѣкоторые утверждаютъ, что законы органическаго міра и міра неорганическаго, по крайней мѣрѣ, отчасти различны, то это мнѣніе вовсе не слѣдуетъ отвергать безъ всякихъ обсужденій. И если виталисты утверждаютъ, что прежде всего процессы жизни должны изучаться *сами по себѣ*, то это требованіе до тѣхъ поръ представляется здоровой, основательной, покоющейся на широкой основѣ фактовъ, реакціей противъ претензій физической школы физіологовъ, пока эта послѣдняя на дѣлѣ не доказала еще разрѣшимость своей задачи. Конечно, не исключена еще надежда, что физикѣ въ будущемъ удастся то, что не удалось еще до настоящаго времени. Если взять какую-нибудь болѣе тѣсную область физики, напр., то ставила же механическая школа постоянно себѣ цѣлью свести всю физику къ механикѣ, какъ ея основѣ. Въ настоящее же время многое указываетъ на то, что столь горячо желаемое объединеніе удастся, но не на основѣ механики, а на основѣ электродинамики. Дѣлаются-же въ настоящее время попытки доказать, что механика, какъ и остальныя части физики, составляютъ лишь болѣе скудные, спеціальные случаи электродинамики. Такъ и біологія могла бы развиться въ ученіе, въ которое физика неорганическаго міра входила бы только, какъ болѣе простая спеціальная глава ея.

Мы только что говорили о наблюденіяхъ или опытѣ въ окружающей насъ средѣ. Эти наблюденія мы дѣлаемъ сообща съ дру-

гими людьми. Они имѣютъ, поэтому, болѣе общую, соціальную силу, выходящую за предѣлы дѣйствій отдѣльнаго человѣка, какъ и болѣе общее объективное значеніе. Но одну составную часть этой среды замѣчаетъ каждый, но каждый—другую: каждый замѣчаетъ *«свое»* тѣло, занимающее какъ будто въ этой средѣ особое положеніе. Для каждаго человѣка, кромѣ обладателя его, это тѣло есть объектъ, какъ всякое другое. Другое дѣло—его обладатель: для него съ этимъ тѣломъ связаны наблюденія особаго рода, наблюденія «субъективныя», непосредственно доступныя только ему одному, именно, наблюденія надъ своими *психическими* переживаніями. Психическія переживанія каждаго человѣка имѣютъ для *него*, конечно, величайшее значеніе, въ особенности послѣ того, какъ онъ познаяъ то, что безъ нихъ для него и весь міръ не существовалъ бы. Психическія же переживанія *другого* имѣютъ для него вообще значеніе лишь по столько, по сколько они оказываютъ вліяніе на его собственныя, что возможно только путемъ объективныхъ физическихъ переживаній. Отсюда ясно, что если психическія переживанія въ общемъ считаются менѣе реальными, чѣмъ физическія, то это происходитъ отъ того, что мы при этомъ большей частью думаемъ о психическихъ переживаніяхъ *другихъ*, не столь непосредственно намъ доступныхъ, ибо собственныя наши психическія переживанія составляютъ для насъ самое первое и наиболѣе надежное.

Эта оцѣнка физическаго и психическаго, объективнаго и субъективнаго, измѣняющаяся въ зависимости отъ тѣхъ или другихъ условій, оказываетъ также существенное вліяніе на разногласія между физической и виталистической школой въ біологіи. У физика одно стремленіе: установленіе объективнаго, поддающееся всеобщему контролю, точному наблюденію; только полученныя такимъ образомъ данныя онъ желаетъ положить въ основу своего научнаго зданія. Для виталиста живыя существа, или животныя, по крайней мѣрѣ, остаются непонятными въ самыхъ важныхъ своихъ чертахъ, если онъ въ ихъ психикѣ не усматриваетъ процессовъ, аналогичныхъ собственнымъ его переживаніямъ. И именно самое непосредственное, наиболѣе тонкое пониманіе жизни и дѣйствій животныхъ—пониманіе, которое никакимъ физическимъ изслѣдованіемъ достигнуто быть не можетъ,—біологъ, по ихъ мнѣнію, извлекаетъ именно изъ этой аналогіи. Если наблюденіе надъ собственнымъ своимъ тѣломъ и, въ особенности, психическое самонаблюденіе не можетъ претендовать на ту точность и доступность

всеобщей провѣркѣ, какъ наблюденіе надъ объектами окружающей среды, то зато оно самое интимное наблюденіе, которое никакимъ другимъ замѣнено быть не можетъ. Ибо ничто намъ не столь близко, какъ собственное наше тѣло. Отказаться отъ этого средства познанія, значитъ на половину отказаться отъ познанія міра. Что существуетъ память, ассоціація, воспоминаніе, никогда не удалось бы узнать однимъ объективнымъ физическимъ изслѣдованіемъ, Ибо то, что происходитъ въ психикѣ какого-нибудь живого существа, невозможно усмотрѣть извнѣ. Но кто узнаетъ веселое настроеніе человѣка смѣющагося и печальное настроеніе человѣка плачущаго, кто по движеніямъ людей догадывается объ ихъ намѣреніяхъ, тотъ сочтетъ возможнымъ и то, что настанетъ когда-нибудь моментъ, когда психологическое и физическое изслѣдованія настолько пойдутъ на встрѣчу другъ другу, что будутъ изучены физическіе процессы въ тѣлѣ, соотвѣтствующіе самымъ тонкимъ и сложнымъ процессамъ соотвѣтственной психики. Тогда мы въ волевыхъ дѣйствіяхъ живого существа не будемъ усматривать никакого другого выбора, никакой другой опредѣленности, кромѣ тѣхъ, которые мы усматриваемъ въ паденіи камня на землю или въ отклоненіи магнитной иглы дѣйствіемъ электрическаго тока.

Изученіе органическаго *самого по себѣ*, вмѣстѣ съ освѣщеніемъ результатовъ обективнаго наблюденія со стороны субъективной должно привести къ мощному развитію физики съ болѣе широкими областями, въ которыхъ и вопросы біологическіе будутъ занимать свое мѣсто. Мы знаемъ равновѣсіе устойчивое и неустойчивое, перемѣнныя и стаціонарныя динамическія состоянія, среди этихъ опять состоянія устойчиваго и неустойчиваго динамическаго равновѣсія. Представимъ себѣ теперь стаціонарный или медленно нарастающій процессъ превращенія энергіи въ состояніи устойчиваго равновѣсія, около точки равновѣсія котораго происходятъ незначительныя періодическія колебанія, и мы очень близко подойдемъ къ тому, что мы называемъ жизненнымъ процессомъ. Если принять еще въ соображеніе, что небольшая часть такой системы способна снова возбудить весь процессъ, то аналогія станетъ еще полнѣе. Огонь, который горитъ съ небольшими періодическими колебаніями, покуда онъ находитъ себѣ пищу, и который можетъ зажечь любое число другихъ огней, представляетъ случай чисто физическій, но онъ аналогиченъ тѣмъ болѣе труднымъ случаямъ, обсужденіе которыхъ будетъ дѣломъ той біологической физики.

XXV.

Физическая и психическая сторона жизни [1]).

Какъ появилась на землѣ органическая жизнь? Можетъ ли вообще органическое развиться изъ неорганическаго или, наоборотъ, неорганическое есть лишь конечный результатъ жизни органической, какъ это полагаетъ Г. Т. Фехнеръ [2])? Не эти вопросы будутъ занимать насъ въ настоящей статьѣ. Мы сначала поставимъ себѣ вопросъ болѣе простой: каковы тѣ физическія послѣдствія, которыя имѣетъ для земного шара самого органическая жизнь на немъ. Одно изъ этихъ послѣдствій очевидно. Будь онъ голымъ камнемъ, согрѣваемымъ лучами солнца, лучистая энергія послѣдняго, поскольку она вообще поглощалась бы поверхностью земли, очень скоро разсѣивалась бы обратно въ міровое пространство. Органическая жизнь питается этой солнечной энергіей и въ теченіе нѣкотораго времени удерживаетъ ее у себя (земля сохраняетъ же еще солнечную энергію въ формѣ каменнаго угля, напримѣръ) и только по истеченіи этого времени снова возвращаетъ ее въ міровое пространство. Затѣмъ органическая жизнь создала изъ своихъ остатковъ вокругъ земного шара какъ бы оболочку изъ цѣлыхъ горныхъ массъ, которая тоже умѣряетъ потерю собственной энергіи ядромъ земного шара.

Хотя законы энергіи носятъ весьма общій характеръ, тѣмъ не менѣе они не очень-то широко приподнимаютъ завѣсу надъ процессами физическими. Изъ перваго закона энергіи мы узнаемъ, въ какихъ количествахъ различные виды энергіи превращаются другъ въ друга, *если* превращеніе это вообще происходитъ. Вто-

---

[1]) Статья переведена съ рукописи. Прим. пер.

[2]) *Fechner*, Einige Ideen zur Schöpfungs—und Entwicklungsgeschichte der Organismen. Leipzig 1873.

рой законъ указываетъ на преимущественное направленіе этого превращенія. Но этихъ двухъ опредѣленій слишкомъ мало, чтобы по нимъ можно было судить о процессахъ въ системахъ сложныхъ, гдѣ однѣ части связаны другъ съ другомъ, и при томъ самымъ различнымъ образомъ, а другія другъ отъ друга не зависятъ [1]). Но если бы намъ были даже извѣстны всѣ физическіе процессы жизни, мы все же не должны думать, что этимъ можно исчерпать пониманіе жизни. Мы не достигли бы даже пониманія другихъ людей, если бы мы захотѣли удовлетвориться однимъ наблюденіемъ ихъ съ внѣшней стороны, не обращаясь своимъ взоромъ въ собственный свой внутренній міръ.

Растенія поглощаютъ для себя солнечную энергію. Одной частью ея они пользуются для пріобрѣтенія новыхъ запасовъ энергіи, простирая свои вѣтви и листья на встрѣчу свѣту и воздуху и проникая корнями въ глубь земли въ поискахъ за водой и растворами солей. Другая же часть энергіи истрачивается растеніями въ особыхъ органахъ, которые были названы органами чувствъ, но которые было бы, пожалуй, лучше назвать органами освобожденія геотропическихъ, геліотропическихъ и другихъ процессовъ, регулирующихъ потокъ энергіи. Такимъ образомъ уже растенія заимствуютъ свою энергію изъ свѣта, воздуха, почвы и воды. Но существуютъ и особыя хищныя и паразитирующія растенія, эксплуатирующія въ свою пользу энергію другихъ растеній.

Животное пріобрѣтаетъ свой запасъ энергіи въ пригодной для него формѣ болѣе короткимъ путемъ: оно грабитъ его, поглощая растеніе или другое животное, какъ вмѣстилища энергіи. Растенія болѣе ограничены, они могутъ грабить и тѣснить только своихъ ближайшихъ сосѣдей; только весьма постепенно растеніе можетъ распространять свои дѣйствія на большую область. Предъ животнымъ же, вслѣдствіе его подвижности, съ самаго же начала открыта болѣе широкая область для грабежа. И животное вынуждено, подобно растенію, жертвовать частью своего запаса энергіи для поглощенія новой награбленной энергіи. Само собою разумѣется, что количество поглощенной энергіи должно при этомъ значительно превышать количество истраченной для этого, ибо иначе само существованіе грабителя было бы въ опасности. Если животному удается, благодаря счастливо сложившимся обстоятельствамъ, сча-

---

[1]) *Boltzmann*, Ein Wort der Mathematik an die Energetik. Populäre Schriften. Leipzig 1905, стр. 104.

стливому случаю и т. д., найти болѣе удобные методы грабежа съ меньшей затратой энергіи, то эти методы—безсознательно или сознательно—предпочитаются, усваиваются и сохраняются. Вмѣсто хлопотливой погони и рискованной борьбы съ сильной жертвой предпочитаются западни и внезапныя нападенія. Кошка подстерегаетъ мышку у входа въ норку; вампиръ высасываетъ кровь у спящаго животнаго, навѣвая на него прохладу; щука остается неподвижной и вдругъ бросается на безпечно проплывающую мимо рыбку; паукъ поджидаетъ въ своей паутинѣ не подозрѣвающихъ объ опасности мухъ, подобно грабителю на большой дорогѣ.

Изъ этой системы грабежа не составляютъ исключенія ни отдѣльный человѣкъ, ни объединенныя группы людей, государства. Напротивъ того, человѣкъ есть самый умный и самый всеобщій грабитель. Онъ не только присваиваетъ себѣ энергію земли, не только эксплуатируетъ непосредственные результаты солнечной энергіи, силу воды и вѣтра, но и пожираетъ энергію растеній, животныхъ и, гдѣ это возможно, даже другихъ людей. Государство человѣческое превосходитъ въ этомъ даже всѣ государства животныхъ, государства муравьевъ и пчелъ. Но для собственныхъ своихъ предпріятій оно придумало весьма красивыя, скрывающія суть дѣла, названія: здѣсь и коммерческіе интересы, и блага культуры, которыми одаряются варварскіе народы, и колонизація, и обращеніе въ христіанство, и т. д. Это однако не мѣшаетъ ему давать правильную оцѣнку аналогичнымъ же попыткамъ и претензіямъ другихъ государствъ [1]). Мы всѣ грабители, не лучше былыхъ грабителей среднихъ вѣковъ, подстерегавшихъ свои жертвы на большой дорогѣ. Разница между нами и тѣми только одна: это—болѣе мягкая форма, которую навязали намъ развившійся съ тѣхъ поръ интеллектъ и возросшая способность къ самооборонѣ нашихъ сограбителей и жертвъ. Это истинное

---

[1]) О португальцахъ, объѣзжавшихъ на своихъ корабляхъ берега Африки въ поискахъ морского пути въ Индію, одинъ писатель того времени (1444) выражается такъ: „Наконецъ, Господу Богу, всегда вознаграждающему за добрыя дѣла, угодно было ниспослать имъ за разнообразныя, перетерпѣнныя ими на службѣ Ему, страданія, удачный день, славу за ихъ страданія и возмѣщеніе за понесенные ими расходы, ибо въ тотъ день было взято въ плѣнъ 165 человѣкъ, мужчинъ, женщинъ и дѣтей. O. Peschel, Geschichte des Zeitalters der Entdeckungen, Stuttgart 1877, стр. 52.

положеніе вещей, естественно, не могло укрыться отъ вниманія мыслителей и тысячелѣтія тому назадъ [1]).

Назвавъ вещь настоящимъ ея именемъ, мы теперь вмѣсто слова «грабежъ» будемъ пользоваться менѣе раздражающимъ выраженіемъ «пріобрѣтеніе энергіи». Пріобрѣтенную энергію мы можемъ называть полезной энергіей, а затраченную на это энергію—энергіей затраченной [2]) или просто затратой. Подобно тому, какъ обезьяна охотно пользуется случайно найденнымъ камнемъ, чтобы разбивать имъ орѣхи, вмѣсто того, чтобы разгрызать ихъ зубами, такъ первобытный человѣкъ пользуется также случайными открытіями для улучшенія своихъ способовъ борьбы за существованіе. Оружіе, метательныя копья, дротики, лукъ и стрѣлы—вотъ его первыя техническія изобрѣтенія, обладая которыми онъ рѣшается приблизиться и къ болѣе сильному противнику изъ животныхъ и людей. Въ человѣческихъ обществахъ съ болѣе упорядоченной общественной жизнью тѣмъ же путемъ получаются изобрѣтенія въ области ремесла, развитіе которыхъ находитъ мощный толчекъ въ борьбѣ конкуррентовъ и противниковъ. Съ теченіемъ времени открытая борьба племенъ смѣняется болѣе или менѣе мирнымъ обмѣномъ товарами, и область пріобрѣтенія энергіи становится для человѣка значительно больше.

Въ настоящее время эта область охватываетъ уже весь земной шаръ. Прорытіе Суэцкаго канала, проектируемый Панамскій каналъ или каналъ Никарагуа, разыскиваемый Сѣверо-Западный путь, многочисленные большіе туннели, которые и въ настоящее время уже сокращаютъ путь между различными областями, но еще болѣе будутъ сокращать его въ будущемъ, и сокращаютъ затраты въ углѣ и экономизируютъ трудъ человѣческій,—все это имѣетъ исключительно одну цѣль: уменьшить количество энергіи, затрачиваемой для пріобрѣтенія полезной энергіи. Кротъ всю жизнь занимается тѣмъ, что роетъ ходы, своего рода туннели, ежедневно пробуравливая небольшой ходъ въ инстинктивныхъ поискахъ за червями; его затрата энергіи обильно компенсируется, вѣроятно, при этомъ той энергіей, которую онъ пріобрѣ-

---

[1]) См., напр., сочиненія китайскаго философа Лиція.

[2]) Затрачиваемая энергія есть настоящая соціальная работа, какъ это доказываетъ I. Zmave въ своей, на мой взглядъ, превосходной работѣ „Elemente einer allgemeinen Arbeitstheorie“ (Steins Berner Studien zur Philosophie u. ihrer Geschichte Bd. 48, 1906.

таетъ. Великія упомянутыя выше работы не могли и не могутъ быть предприняты прямо безъ всякихъ размышленій. Только тщательное и основательное обсужденіе всѣхъ деталей можетъ показать, будетъ ли эта огромная затрата энергіи въ достаточной мѣрѣ возмѣщена энергіей, которая будетъ пріобрѣтена при многократномъ пользованіи ими. Итакъ, здѣсь жизнь матеріальная находилась подъ мощной властью жизни психической или духовной.

Человѣкъ случайно замѣчаетъ какое-нибудь обстоятельство, содѣйствующее осуществленію какого-нибудь его намѣренія. Случайно вспомнивъ объ этомъ въ другой разъ при подобномъ же случаѣ, онъ опять пользуется этимъ обстоятельствомъ. Для всего этого особенно большой психической силы не требуется. Такими случайными ассоціаціями часто опредѣляется уже поведеніе коекакихъ животныхъ, стоящихъ на болѣе или менѣе высокой ступени психическаго развитія. Да и первобытный человѣкъ, замѣчающій благопріятное дѣйствіе палки, случайно употребленной, какъ рычагъ, и постоянно потомъ пользующійся этимъ или снабжающій камень рукояткой, замѣтивъ выгоду отъ большого размаха, слѣдуетъ полубезсознательно и непроизвольно такимъ ассоціямъ. Когда вслѣдствіе упражненія, традиціи, сообщенія другимъ людямъ накопляется большое число такихъ случайныхъ ассоціацій, то въ результатѣ получается болѣе сильная дѣятельность фантазіи. Послѣдняя заключается только въ многообразной комбинаціи различныхъ ассоціацій. Она идетъ навстрѣчу всякой, живо представленной цѣли, помогаетъ человѣку отыскивать средства для ея осуществленія, научаетъ его сознательно находить и изобрѣтать, заранѣе думать о будущемъ. Разъ достигнута эта ступень, фундаментъ для всякой духовной жизни и даже для всякой науки заложенъ прочно. Ибо всѣ научныя задачи, нашли ли онѣ уже практическое примѣненіе или нѣтъ, безразлично, могутъ разсматриваться, какъ вспомогательныя средства или промежуточныя ступени для рѣшенія практическихъ задачъ [1]).

Что высоко развитая психическая жизнь можетъ весьма уменьшить затрату энергіи для пріобрѣтенія опредѣленной полезной энергіи, уменьшить ее, даже иногда на моментъ очень сильно

[1]) Часто люди настаиваютъ на томъ, что не дѣло вовсе чистой науки рѣшать практическія задачи; говорятъ тогда о чисто отвлеченныхъ построеніяхъ нашего ума. Но этимъ вниманіе отвлекается отъ простыхъ естественныхъ источниковъ науки.

увеличивъ ее, достаточно ясно показываютъ затронутые нами выше примѣры. Но какъ намъ оцѣнивать или измѣрять помощь, которую оказываетъ намъ наше мышленіе? При каждомъ ощущеніи, при каждомъ представленіи, при каждой мысли происходитъ превращеніе, затрата энергіи—въ этомъ нѣтъ ни малѣйшаго сомнѣнія. Но можетъ ли эта минимальная затрата энергіи служить мѣрой работы мысли?

Попадая въ чужой для меня городъ, я первое время пользуюсь дорогами, только мнѣ и знакомыми, хотя далеко не кратчайшими. Но вотъ я замѣчаю болѣе короткій путь между A и B, или догадываюсь о немъ на основаніи однихъ разсужденій. Съ тѣхъ поръ я всякій разъ, когда мнѣ приходится отправляться изъ A въ B, вспоминаю объ этомъ болѣе короткомъ пути и пользуюсь имъ. Совершила ли здѣсь моя память ту работу, отъ которой она освободила мои ноги? Здѣсь произошло только болѣе цѣлесообразное *освобожденіе* работы, подобное тому, которое совершаетъ машинистъ на локомотивѣ, повернувъ какой-нибудь кранъ или переставивъ золотникъ, или стрѣлочникъ, который переводитъ стрѣлку. Хотя для всѣхъ этихъ работъ требуется минимумъ энергіи, никто не станетъ же измѣрять ихъ въ киллограммометрахъ, какъ работу ногъ или локомотива. Не станетъ потому, что между количествомъ этой работы и количествомъ освобожденной ею работы не можетъ быть установлено никакое опредѣленное отношеніе, а отношеніе здѣсь совершенно случайное. Такъ нѣтъ общаго опредѣленнаго отношенія и между работой или энергіей, затраченныхъ на прорытіе туннеля, и полученной полезной энергіей: первая зависитъ всецѣло отъ тѣхъ или другихъ случайныхъ условій мѣстности, тогда какъ вторая—отъ характера открытой области, т. е. отъ условій совершенно другихъ. Если хорошенько подумать, то обычное выраженіе «духовная работа» можетъ прямо вводить въ заблужденіе. Въ основѣ того, чѣмъ обусловлено наше мышленіе, лежитъ не превращенное количество энергіи, если бы даже была возможность ее опредѣлить, а организованная память, ассоціативный обзоръ цѣлой области мыслей, *качественное* многообразіе ихъ сочетаній. Впрочемъ, тѣсно связанная область мыслей, обильно испещренная ассоціаціонными путями, очень напоминаетъ какую-нибудь матеріальную область съ перекрещивающимися улицами, каналами и туннелями. Но какъ во второй области не работа постройки улицъ опредѣляетъ ея полезность, такъ и въ первой все зависитъ отъ числа и характера существующихъ въ ней связей. Не тотъ,

кто больше всего труда затратилъ при постройкѣ дорогъ, а тотъ, кто нашелъ лучшіе и кратчайшіе пути, удостаивается въ обѣихъ областяхъ награды. Предварительное изученіе экономическихъ условій могло въ обоихъ случаяхъ поглотить много энергіи, могло быть весьма неэкономнымъ.

Мы не желаемъ здѣсь заниматься рѣшеніемъ соціально-экономическихъ проблемъ. Тѣмъ не менѣе мы все же должны поставить слѣдующій вопросъ: каковы должны быть тѣ руководящіе основные принципы, которые въ хорошо организованномъ обществѣ должны быть положены въ основу вознагражденія за матеріальный и духовный трудъ? Что касается простого рабочаго, работа котораго можетъ быть безъ труда выражена въ киллограммометрахъ, то всякій разумный человѣкъ долженъ признать за нимъ право, по меньшей мѣрѣ, на такое вознагражденіе, которое позволило бы ему при этой механической работѣ жить, не терпя лишеній. Гораздо труднѣе уже оцѣнка квалифицированнаго ручного труда. Здѣсь киллограммометръ въ качествѣ мѣры уже не пригоденъ и намъ придется поискать другой масштабъ. Допустимъ, что мы нашли его въ его потребностяхъ. Но что намъ дѣлать съ «духовною работою», гдѣ первый масштабъ совершенно не пригоденъ, а второй оказывается чрезвычайно субъективнымъ и непостояннымъ? Вѣдь, было бы большой наивностью совершенно произвольно устанавливать: умственный работникъ долженъ получать въ десять разъ больше, чѣмъ ручной работникъ [1]). Человѣкъ, занимающійся полевой работой на солнцепекѣ, найдетъ вполнѣ справедливымъ, чтобы онъ получалъ въ три, въ четыре, а можетъ быть и въ десять разъ больше, чѣмъ человѣкъ, который, устроившись со всѣми удобствами, занимается рѣшеніемъ какой нибудь научной проблемы. Даже съ точки зрѣнія временной, непосредственной пользы, такая оцѣнка была бы справедливѣе. А теперь примите еще во вниманіе различіе проблемъ! Разработка проекта какого-нибудь шоссе или туннеля доставитъ автору хорошій гонораръ. Но какова плата за рѣшеніе какой нибудь трудной теоретической проблемы? Здѣсь нѣтъ уже никакой возможности использовать въ качествѣ масштаба духовной работы ту необозримую пользу, которую принесетъ рѣшеніе этой проблемы въ будущемъ. Почти девять лѣтъ Фарадей работалъ, пока ему удалось найти свои законы индукціи. Какое же участіе въ прибыляхъ долженъ былъ бы потребовать онъ или его наслѣдники

[1]) См., напримѣръ, разсужденія *E. Abbe.*

отъ всѣхъ современныхъ или будущихъ предпріятій, въ которыхъ примѣняются динамо-машины? Такіе вопросы не рѣшаются подобнаго рода разсужденіями. Мы здѣсь и не пытаемся ихъ рѣшать, а только указываемъ на существующія здѣсь трудности.

Но оставимъ совершенно въ сторонѣ непригодность механической мѣры для оцѣнки работы мысли. Здѣсь необходимо принять еще въ соображеніе то, что въ каждой мысли видное участіе принимаетъ все человѣчество. Оно участвовало въ мышленіи человѣка, когда онъ придумывалъ эту мысль, оно мыслитъ и будетъ мыслить вмѣстѣ съ нимъ. Отдѣльный человѣкъ могъ бы мало сдѣлать, если бы ему приходилось все начать съ начала, мыслить одному или если бы его мысль должна была быть послѣдней. Съ другой стороны всякая мысль, разъ высказанная и понятая, перестаетъ уже быть собственностью одного человѣка, а она становится общимъ достояніемъ всѣхъ людей. Въ этомъ заключается вся возвышенная сторона чистаго выдѣленія и правильной оцѣнки духовной работы, но и величайшая трудность этого выдѣленія и этой оцѣнки. Впрочемъ, та же трудность, хотя и въ значительно болѣе слабой степени, существуетъ уже, когда дѣло идетъ о квалифицированномъ и даже грубомъ механическомъ трудѣ. Ибо, какъ замѣчаетъ гдѣ то Фехнеръ, всякій организмъ, давая жизнь себѣ подобнымъ, покрываетъ затраты энергіи, потраченной на его созданіе.

Хотя точное рѣшеніе нашего вопроса представляетъ собою еще дѣло далекаго будущаго, тѣмъ не менѣе слѣдуетъ ожидать отъ роста интеллекта и нравственнаго чувства ближайшихъ поколѣній, что практически достаточное урегулированіе этого дѣла будетъ скоро найдено. Для этого Попперъ дѣлаетъ слѣдующее предложеніе: безусловная гарантія минимума средствъ къ жизни для каждаго, привлеченіе каждаго къ работѣ по сохраненію жизни и охранѣ общества, а все менѣе важное остается дѣломъ свободнаго соглашенія [1]).

Итакъ, принципъ энергіи можетъ познакомить насъ съ физической стороной органической жизни лишь въ весьма грубыхъ чертахъ. Еще меньше можетъ онъ дать намъ тамъ, гдѣ дѣло идетъ о психической сторонѣ организмовъ, ибо при послѣднихъ процессахъ важна вообще не количественная сторона, которая можетъ быть выражена въ различныхъ понятіяхъ, обозначающихъ ту или другую мѣру, а сторона качественная.

---

[1]) *Popper*, Das Recht zu leben und die Pflicht zu sterben. Leipzig 1903.

Съ перваго взгляда вся органическая жизнь показалась намъ системой грабежа, системой, въ которой все живое пожирается и пожираетъ. Уже Дарвинъ, Фехнеръ и другіе указывали на то, что въ живой природѣ наблюдаются и явленія взаимной охраны, взаимной помощи; примѣрами этого могутъ служить муравьи и травяныя вши, растенія и насѣкомыя и т. д. Рядомъ съ утонченнымъ искусствомъ грабежа развивается искусство самосохраненія, изученіемъ котораго занимался Дарвинъ. П. Крапоткинъ [1]) обратилъ вниманіе на взаимную охрану представителей одного и того же рода у людей и у животныхъ. Примемъ, наконецъ, еще въ соображеніе, что надолго остается способнымъ къ самосохраненію не то, что обыкновенно обозначается словомъ «индивидуумъ», а родъ, къ которому этотъ индивидуумъ принадлежитъ и къ сохраненію котораго приспособлена жизнь этого послѣдняго, и въ глазахъ человѣка съ болѣе широкимъ кругозоромъ впечатлѣніе ненужной и жестокой борьбы станетъ слабѣе. Индивидуумъ приспособленъ не только къ условіямъ собственнаго своего сохраненія, а еще гораздо больше къ условіямъ сохраненія своего рода. Особенно ясно это обнаруживается у индивидовъ, живущихъ обществами, какъ полипы, муравьи и пчелы, каковыя группы могутъ въ извѣстной мѣрѣ разсматриваться, какъ индивиды высшаго порядка. У индивидовъ нисшаго порядка существуетъ раздѣленіе труда для сохраненія жизни, основанное на различіи ихъ организаціи и способностей; и это дѣленіе заходитъ часто такъ далеко, что въ отдѣльности эти индивиды вообще не жизнеспособны [2]). Здѣсь не составляетъ большой разницы, связаны ли еще индивиды нисшаго порядка органически вмѣстѣ, какъ у полиповъ, или они органически раздѣлены уже, какъ у пчелъ, совершенно ли раздѣлены почти различныя жизненныя функціи, какъ у пчелъ, или они раздѣлены лишь отчасти, какъ у высшихъ позвоночныхъ животныхъ и у человѣка, у котораго органическая связь замѣтно замѣняется связью психической. Если мы примемъ во вниманіе эти частью антогонистическія, частью основанныя на поддержкѣ отношенія между организмами, мы сможемъ разсматривать весь міръ организмовъ, какъ *одинъ* цѣльный организмъ, существованіе котораго зависитъ отъ взаимнаго другъ къ другу приспособленія его частей. Отсюда

---

[1]) *P. Kropotkin*, Gegenseitige Hilfe in der Entwickelung, Leipzig 1904.

[2]) *H. v Keyserling*, Unsterblichkeit. München 1907. Книга—въ естественно-научномъ и соціологически-этическомъ отношеніи весьма значительная.

недалеко до мысли, что психической организаціи, прирожденнымъ и пріобрѣтеннымъ ассоціаціоннымъ путямъ соотвѣтствуетъ химико-физическая организація нервныхъ и кровеносныхъ путей, двигательныхъ механизмовъ и т. д. или—скорѣе—что обѣ эти организаціи тождественны. Вотъ эта организація можетъ дать дополнительныя условія для тѣхъ процессовъ, которые одними упомянутыми въ началѣ нашей статьи условіями не вполнѣ еще объясняются. Можетъ быть, именно эти условія направляютъ всю жизненную энергію по тѣмъ путямъ, которые дѣлаютъ возможной всестороннюю интенсивную органическую жизнь Если суждено когда-нибудь воплотиться въ жизнь мечтѣ Фехнера о космической психологіи, покоющейся на болѣе глубоко обоснованной физіологической психологіи человѣка, мы въ ней найдемъ больше объясненій, чѣмъ это могутъ дать одни физико-химическія изслѣдованія.

Оглавленіе.

Предисловіе 1
I. Формы жидкости 3
II. О волокнахъ Корти въ ухѣ 14
III. Объясненіе гармоніи 25
IV. Къ исторіи акустики 35
V. О скорости свѣта 43
VI. Для чего человѣку два глаза? 57
VII. Симметрія 73
VIII. Къ ученію о пространственномъ зрѣніи 84
IX. Научныя примѣненія фотографіи и стереоскопіи . . . 90
X. Къ вопросу о научномъ примѣненіи фотографіи . . . 95
XI. Объ основныхъ понятіяхъ электростатики (количество электричества, потенціалъ, электроемкость и т. д.) . . . 98
XII. Принципъ сохраненія энергіи 119
XIII. Экономическая природа физическаго изслѣдованія . . . 152
XIV. Преобразованіе и приспособленіе въ естественно-научномъ мышленіи 171
XV. Принципъ сравненія въ физикѣ 185
XVI. О вліяніи случайныхъ обстоятельствъ на открытія и изобрѣтенія 201
XVII. О сравнительномъ образовательномъ значеніи филологическихъ наукъ, математики и естествознанія, какъ предметовъ преподаванія въ высшихъ школахъ 217
XVIII. О явленіяхъ полета пуль 247
XIX. Объ оріентирующихъ ощущеніяхъ 265
XX. Познаваніе и жизнь 284
XXI. Наслѣдственны ли представленія и мысли? 290
XXII. Къ физіологическому объясненію понятій 303
XXIII. Описаніе и объясненіе 310
XXIV. Кинематическій курьезъ 322
XXV. Физическая и психическая сторона жизни 331

недалеко до мысли, что психической организаціи, прирожденнымъ и пріобрѣтеннымъ ассоціаціоннымъ путямъ соотвѣтствуетъ химико-физическая организація нервныхъ и кровеносныхъ путей, двигательныхъ механизмовъ и т. д. или—скорѣе—что обѣ эти организаціи тождественны. Вотъ эта организація можетъ дать дополнительныя условія для тѣхъ процессовъ, которые одними упомянутыми въ началѣ нашей статьи условіями не вполнѣ еще объясняются. Можетъ быть, именно эти условія направляютъ всю жизненную энергію по тѣмъ путямъ, которые дѣлаютъ возможной всестороннюю интенсивную органическую жизнь Если суждено когда-нибудь воплотиться въ жизнь мечтѣ Фехнера о космической психологіи, покоющейся на болѣе глубоко обоснованной физіологической психологіи человѣка, мы въ ней найдемъ больше объясненій, чѣмъ это могутъ дать одни физико-химическія изслѣдованія.

Оглавленіе.

Предисловіе. 1
I. Формы жидкости 3
II. О волокнахъ Корти въ ухѣ. 14
III. Объясненіе гармоніи. 25
IV. Къ исторіи акустики 35
V. О скорости свѣта 43
VI. Для чего человѣку два глаза? 57
VII. Симметрія 73
VIII. Къ ученію о пространственномъ зрѣніи 84
IX. Научныя примѣненія фотографіи и стереоскопіи. . . . 90
X. Къ вопросу о научномъ примѣненіи фотографіи . . . 95
XI. Объ основныхъ понятіяхъ электростатики (количество электричества, потенціалъ, электроемкость и т. д.). . . 98
XII. Принципъ сохраненія энергіи 119
XIII. Экономическая природа физическаго изслѣдованія. . . 152
XIV. Преобразованіе и приспособленіе въ естественно-научномъ мышленіи. 171
XV. Принципъ сравненія въ физикѣ 185
XVI. О вліяніи случайныхъ обстоятельствъ на открытія и изобрѣтенія. 201
XVII. О сравнительномъ образовательномъ значеніи филологическихъ наукъ, математики и естествознанія, какъ предметовъ преподаванія въ высшихъ школахъ 217
XVIII. О явленіяхъ полета пуль 247
XIX. Объ оріентирующихъ ощущеніяхъ 265
XX. Познаваніе и жизнь 284
XXI. Наслѣдственны-ли представленія и мысли? 290
XXII. Къ физіологическому объясненію понятій. 303
XXIII. Описаніе и объясненіе 310
XXIV. Кинематическій курьезъ 322
XXV. Физическая и психическая сторона жизни 331